

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΖΩΙΚΗΣ**  
**ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ  
& ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
Αρ. Πρωτ. 99  
Ημερομηνία 19-10-1998.

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**Φοιτήτρια: Γουντουδάκη Σταυρούλα**

**Τίτλος: Εξέλιξη των εδαφών της πρώην λίμνης Κάρλας**



**Επιβλέπων Καθηγητής: Ι. Κ. Μήτσιος**

**Βόλος 1998**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ**  
**ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 34/1  
Ημερ. Εισ.: 07-08-2003  
Δωρεά:  
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΓΦΖΠ  
1998  
ΓΟΥ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000070092

## **ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

**Ι. Κ. Μήτσιος : Καθηγητής Τμήματος Γεωπονίας Π.Θ.**

**Ν. Δαλέζιος : Καθηγητής Τμήματος Γεωπονίας Π.Θ.**

**Π. Λόλας : Καθηγητής Τμήματος Γεωπονίας Π. Θ.**

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά εκφράζονται ευχαριστίες στον Καθηγητή μου κ.Ιωάννη Μήτσιο για το ερέθισμα της απασχόλησης μου με την εδαφολογία. Επίσης τον ευχαριστώ για την επιλογή του θέματος, τη θεωρητική και πρακτική κατάρτιση στο συγκεκριμένο θέμα καθώς και για τη συνεχή καθοδήγησή του καθ'όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διατριβής αυτής.

Θα ήταν παράληψή μου να μην εκφράσω την ικανοποίησή μου για τη διάθεση όλων των επιστημονικών οργάνων και συσκευών από το Εργαστήριο Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας που χωρίς αυτά δε θα γινόταν η εργασία αυτή.

Θερμές ευχαριστίες εκφράζονται στον γεωπόνο κ.Μαργαρίτη Τούλιο για τη παροχή βιβλιογραφικού υλικού και τη βοήθειά με μέλη του προσωπικού του Εθνικού Ιδρύματος Αγροτικών Ερευνών, για την πολύτιμη βοήθειά τους κατά τη φάση της δειγματοληψίας.

Επίσης εκφράζω τις ευχαριστίες μου στη χημικό και υποψήφια διδάκτορα κα Ε.Γκόλια για τις συμβουλές και διευκρινήσεις σε απορίες εργαστηριακού περιεχομένου. Επίσης ιδιαίτερες ευχαριστίες εκφράζονται στον γεωπόνο και υποψήφιο διδάκτορα κ.Φ.Γάτσιο για την πολύτιμη βοήθεια και συμπαράσταση καθ'όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας αυτής.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου και αρκετούς φίλους που με στήριξαν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου και ιδιαίτερα κατά τη περίοδο εκπόνησης της πτυχιακής αυτής διατριβής.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## ΓΕΝΙΚΑ

σελίδα

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

#### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. Χαρακτηριστικά των αλατούχων και αλκαλιωμένων εδαφών.....	9
1.1 Γενικά.....	9
1.2 Μετρήσεις της αλατότητας και αλκαλίωσης των εδαφών.....	10
1.3 Αλατούχα εδάφη (Salon chak).....	12
1.4 Αλατούχα – Αλκαλιωμένα εδάφη (Saline – Sodic).....	12
1.5 Αλκαλιωμένα (με νάτριο) εδάφη (Sodic).....	13
1.6 Επιδράσεις των διαλυτών αλάτων στην ανάπτυξη των φυτών.....	14

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

#### ΘΕΣΗ-ΟΡΙΑ-ΕΜΒΑΔΟΝ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΡΛΑΣ

2.1 Θέση - Όρια – Εμβαδόν.....	16
2.2 Κλίμα.....	18
2.2.1 Γενικά.....	18
2.2.2 Βροχόπτωση.....	18
2.2.3 Θερμοκρασία.....	28
2.3 Γεωλογία – Έδαφος.....	35
2.4 Υδρογεωλογία.....	38
2.5 Αβιοτικό περιβάλλον της λίμνης.....	39
2.6 Χρήση γης.....	40

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

#### ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

##### Περίληψη

3.1 Γενικά.....	41
3.2 Δειγματοληψία.....	41

3.3 Τεμαχισμός – Κονιοποίηση.....	44
3.4 Κοσκίνιση.....	44
3.5 Μηχανική ανάλυση.....	45
3.5.1 Γενικά.....	45
3.5.2 Ορυκτολογική σύσταση και χημικές ιδιότητες των μηχανικών κλασμάτων.....	46
3.5.3 Αρχή της μεθόδου.....	46
3.5.4 Μηχανική ανάλυση εδάφους κατά Βουγιούκου.....	48
3.5.4α Αντιδραστήρια.....	48
3.5.4β Όργανα.....	48
3.5.4γ Μέθοδος.....	48
3.5.4δ Υπολογισμοί.....	49
3.6 Το PH του εδάφους.....	53
3.6.1 Γενικά.....	53
3.6.2 Αρχή μεθόδου.....	53
3.6.2α Αντιδραστήρια.....	54
3.6.2β Όργανα.....	54
3.6.2γ Βαθμονόμηση.....	54
3.6.2δ Μέτρηση.....	55
3.7 Ηλεκτρική αγωγιμότητα.....	57
3.7.1 Γενικά.....	57
3.7.2 Μέθοδος.....	57
3.8 Μέτρηση οργανικής ουσίας.....	58
3.8.1 Γενικά.....	58
3.8.2 Αρχή της μεθόδου.....	58
3.8.3 Μέθοδος.....	59
3.8.3α Αντιδραστήρια.....	59

3.8.3β Πορεία.....	60
3.8.3γ Υπολογισμοί.....	60
3.9 Ανθρακικό ασβέστιο.....	61
3.9.1 Γενικά.....	61
3.9.2 Αρχή της μεθόδου.....	61
3.9.2α Αντιδραστήρια.....	61
3.9.2β Όργανα.....	62
3.9.2γ Μέθοδος.....	62
3.9.2δ Βαθμονόμηση.....	62
3.9.2ε Υπολογισμοί.....	63
3.10 Εναλλακτικό νάτριο.....	64
3.10.1 Γενικά.....	64
3.10.2 Αντιδραστήρια.....	64
3.10.2α Μέθοδος κατασκευής των Standards.....	65
3.10.2β Όργανα.....	65
3.10.2γ Βαθμονόμηση.....	65
3.10.2δ Μέθοδος.....	66
3.11 Εναλλακτικό κάλιο.....	67
3.11.1 Γενικά.....	67
3.11.2 Αντιδραστήρια.....	67
3.11.2α Όργανα.....	67
3.11.2β Βαθμονόμηση.....	68
3.11.3 Μέθοδος.....	68
3.12 Υδατοδιαλυτό ασβέστιο.....	69
3.13 Υδατοδιαλυτό μαγνήσιο.....	70

3.14 Υπολογισμός της ικανότητας εναλλαγής κατιόντων.....	71
3.14.1 Γενικά.....	71
3.14.2 Συσκευές – Όργανα.....	71
3.14.3 Αντιδραστήρια.....	72
3.14.4 Μέθοδος εργασίας.....	72
3.14.4α Υπολογισμοί.....	73
3.15 Υδατοδιαλυτό νάτριο.....	74
3.15.1 Ορισμός.....	74
3.15.2 Αρχή μεθόδου.....	74
3.15.3 Μέθοδος.....	74
3.15.3α Αντιδραστήρια.....	74
3.15.3β Όργανα.....	75
3.15.3γ Πορεία.....	75
3.15.3δ Βαθμονόμηση.....	75
3.15.3ε Μέτρηση.....	75
3.15.3ζ Υπολογισμοί.....	76
3.16 Υπολογισμός E.S.P (Exchangable Sodium Percentage ή Βαθμός Αλκαλίωσης).....	77
3.17 Υπολογισμός S.A.R. (Sodium Absorption Ratio).....	78
3.18 Χαρακτηρισμός εδαφών.....	79

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>**

Παρουσίαση αποτελεσμάτων.....	80
-------------------------------	----

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>**

Συζήτηση –Συμπεράσματα.....	88
-----------------------------	----

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

## **ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ**





Σχήμα 1. Τρισδιάστατη απεικόνιση περιοχής Κάρλας (φωτ. Β. Τλούπα - Λάρισα)  
(Η επεξεργασία και η παρουσίαση των πληροφοριών έγινε από το ΕΚΒΥ)

## ΓΕΝΙΚΑ

Η λίμνη Κάρλα ή Βοιβής, ένας από τους οικολογικά σπουδαιότερους υγροτόπους της χώρας, αποξηράνθηκε το 1962. Η αποξήρανση αποτελούσε το πρώτο μέρος μιας σειράς έργων, που σκοπό είχαν την αντιπλημμυρική προστασία της ευρύτερης περιοχής, την απόκτηση γεωργικών εκτάσεων και εν συνεχεία την άρδευση τους. Κυριότερο έργο θεωρήθηκε η κατασκευή ταμιευτήρα. Λόγω της αναστολής των έργων κατασκευής του ταμιευτήρα, μέχρι σήμερα, δεν ήταν δυνατό να ολοκληρωθούν τα έργα αντιπλημμυρικής προστασίας και αποθήκευσης νερού, με αποτέλεσμα την εμφάνιση των περιβαλλοντικών συνεπειών: εξάντληση και πτώση της στάθμης των υπόγειων υδροφορέων και είσοδο σε ορισμένους από αυτούς θαλασσινού νερού, ανεπάρκεια αρδευτικού νερού, κατακλύσεις των χαμηλών περιοχών και πλημμελής στράγγιση, ρύπανση του Παγασητικού με βιομηχανικούς και γεωργικούς ρύπους που εισέρχονται στις τάφρους. Με την αποξήρανση της λίμνης χάθηκε η πλούσια ιχθυοπαραγωγή, καταστράφηκε το ενδιαίτημα εκατοντάδων χιλιάδων υδρόβιων και παρα-υδάτιων πουλιών και αποκόπηκε ο σπουδαιότερος κρίκος μεταξύ των υγροτόπων της Βορείου με τη Νότιο Ελλάδα. Επίσης η περιοχή έχασε την οικολογική της ταυτότητα και τη μοναδική πολιτιστική της κληρονομιά, η οποία συνδέεται με το υγρό στοιχείο.

Μεγάλο μέρος των προβλημάτων που υφίσταται σήμερα στην περιοχή, προήλθε από την απώλεια των πολύτιμων λειτουργιών του υγροτόπου. Οι λειτουργίες αυτές ήταν ο εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων και του εδάφους, η παγίδευση πλημμυρικών νερών, η απομάκρυνση και η μετατροπή θρεπτικών στοιχείων, η κατακράτηση ιζημάτων και τοξικών ουσιών, η δέσμευση ηλιακής ακτινοβολίας και η στήριξη τροφικών αλυσίδων. Μετά το πέραςμα 34 ετών από την αποξήρανση, οι συνθήκες του συγκεκριμένου περιβάλλοντος έχουν

σαφώς μεταβληθεί. Εκτός βέβαια από τους υδροφορείς ορίζοντες, υποβάθμιση παρατηρείται και στα εδάφη, μετά από την υπέρμετρη και εντατική εκμετάλλευση της γης.

Η παρούσα μελέτη αποτελεί μια προσπάθεια εξέτασης των εδαφών (ταυτοποίησής τους) και εν συνεχεία σύγκρισης των υπολογισθέντων παραμέτρων *E.C*, *E.S.P*, *S.A.R* με τις ήδη υπάρχουσες στο αρχείο του εργαστηρίου Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Πιο συγκεκριμένα τα υπάρχων δεδομένα ελήφθησαν από εκδομένους χάρτες του Εθνικού Ιδρύματος Αγροτικής Έρευνας, του Ινστιτούτου Χαρτογράφησης και Ταξινόμησης Εδαφών Λάρισας. Η απεικόνιση των διαφόρων παραμέτρων πάνω στους χάρτες έγινε με τη βοήθεια υπολογιστικών συστημάτων *GIS/RS* από τους Δρ. Σταμάτη Αθ. Φλωράς και την Αικατερίνη Κ. Σοφολόγη (*Msc*). Η εκτύπωση των χαρτών έλαβε χώρα στις εγκαταστάσεις του *Marathon Data Systems*.

Σκοπός της προσπάθειας αυτής είναι να δημιουργηθεί ένα μοντέλο εξέλιξης των εν λόγω εδαφών, τα οποία είναι στο σύνολό τους αλατούχα, αλατούχα-αλκαλιωμένα και αλκαλιωμένα με νάτριο. Γνωρίζοντας ότι η αλατότητα θεωρείται ένας από τους κυριότερους παράγοντες υποβάθμισης και έλλειψης γονιμότητας των εδαφών (Μήτσιος 1996), γίνεται κατανοητή η ανάγκη πρόβλεψης του ρυθμού και του τρόπου υποβάθμισης των εδαφών της τέως λίμνης Κάρλας από αλατούχα σε αλατούχα-νατριούχα στη συνέχεια σε νατριωμένα για να καταλήξουν σε εδάφη με έντονη διασπορά της αργίλου.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1. Χαρακτηριστικά των αλατούχων και αλκαλιωμένων εδαφών

#### 1.1 Γενικά

Στις ξηρές και ημίξηρες περιοχές του πλανήτη μας, στις οποίες δεν παρατηρούνται μεγάλες θερμοκρασίες, πολλά άλατα συσσωρεύονται στα επιφανειακά και πολλές σε βαθύτερα εδαφικά στρώματα. Παρά το γεγονός ότι η επιστημονική γνώση εξελίσσεται όσο αφορά το πρόβλημα της αλατότητας, με γοργούς ρυθμούς, η γονιμότητα στο ένα τρίτο των αρδευόμενων εκτάσεων έχει υποβαθμιστεί από τη συσσώρευση των αλάτων στα εδάφη αυτά, με αποτέλεσμα τη μείωση της παραγωγής.

Τα άλατα αυτά προέρχονται από την αποσάθρωση των πετρωμάτων και των ορυκτών, τα νερά άρδευσης, την υψηλή υπόγεια στάθμη και το νερό της βροχής. Αναφερόμαστε κύρια στα χλωριούχα και θειικά άλατα του ασβεστίου, μαγνησίου, νατρίου και καλίου. Η έντονη εξατμισοδιαπνοή τέλος και η μικρή διάλυση και απομάκρυνση, που χαρακτηρίζει τις περιοχές εμφάνισης της αλατότητας, εντείνει το πρόβλημα.

Έχει αποδειχθεί πειραματικά πως υψηλές συγκεντρώσεις νατρίου στο έδαφος και πιο συγκεκριμένα η σχέση του νατρίου με τα επίπεδα του ασβεστίου και μαγνησίου, ευθύνονται εξίσου για επιβλαβείς επιδράσεις στα φυτά με αυτές των διαλυτών αλάτων. Οι επιδράσεις αυτές αφορούν όχι μόνο τις φυσιολογικές λειτουργίες των φυτών αλλά και τις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους.



## 1.2 Μετρήσεις της αλατότητας και αλκαλίωσης των εδαφών

Για να χαρακτηριστούν τα εδάφη αλατούχα, αλατούχα - αλκαλιωμένα, αλκαλιωμένα με νάτριο αναπτύχθηκαν διάφορες τεχνικές για τον προσδιορισμό εκτός του εδαφικού pH και τριών άλλων βασικών εδαφικών παραμέτρων.

Οι παράμετροι αυτές είναι:

- Η ηλεκτρική αγωγιμότητας του εδάφους (*Electrical Conductivity . E.C.*).
- Το εναλλακτικό νάτριο επί τοις εκατό (*Exchangeable Sodium, percentage . E.S.P.*).
- Το *S.A.R.* (*Sodium Adsorption Ratio*) το οποίο εκφράζει το λόγο προσρόφησης του νατρίου στο εδαφικό διάλυμα.

Ειδικότερα ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι ένα αξιόπιστος δείκτης της συγκέντρωσης των διαλυτών αλάτων στο έδαφος. Ως μονάδα μέτρησης χρησιμοποιούμε το  $ds/m$  το οποίο εκφράζεται και ως  $mmhos/cm$ .

Το *ESP* εκφράζει την ιδιότητα που έχει το έδαφος να δεσμεύσει, να προσροφά δηλαδή στην επιφάνεια των κολλοειδών του ιόντα  $Na^+$ . Για τον υπολογισμό του χρησιμοποιείται η σχέση

$$E.S.P. = \frac{exchangeableNa^+ (cmol \cdot Kg^{-1})}{CEC (cmol \cdot Kg^{-1})} \times 100$$

όπου:  $cmol / Kg = 1 meq / 100gr$  εδάφους

Το *S.A.R.* τέλος εκφράζει το λόγο προσρόφησης του νατρίου, εκφράζει δηλαδή τη χαρακτηριστική ιδιότητα των ιόντων σχετικά με τη διαλυτότητα αυτών στο εδαφικό διάλυμα. Το *SAR* αποτελεί αδιάστατο νούμερο και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$S.A.R. = \frac{(Na^+)}{\sqrt{\frac{(Ca^{2+}) + (Mg^{2+})}{2}}}$$

Στον παραπάνω τύπο οι συγκεντρώσεις των κατιόντων  $Na^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$  εκφράζονται σε *meq/l*. Το SAR αναφέρεται στο εδαφικό διάλυμα του εδάφους, έχει χρησιμοποιηθεί όμως και για το χαρακτηρισμό των νερών άρδευσης.

Αν λάβουμε υπόψη μας όλα τα ανωτέρω συν το *pH* τα εδάφη κατατάσσονται σε 3 κατηγορίες εδαφών:

- Αλατούχα
- Αλατούχα - Αλκαλιωμένα
- Αλκαλιωμένα (με νάτριο)

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι ιδιότητες των κανονικών εδαφών σε σχέση με τα όξινα, αλατούχα, αλατούχα αλκαλιωμένα και αλκαλιωμένα (με νάτριο) εδάφη.

Πίνακας 1. Ιδιότητες των κανονικών εδαφών σε σχέση με τα Όξινα, Αλατούχα, Αλατούχα - Αλκαλιωμένα και Αλκαλιωμένα (με νάτριο) εδάφη.

Εδάφη	<i>pH</i>	Ηλεκτρική αγωγιμότητα ( <i>EC</i> ) <i>dSm-1</i>	<i>SAR</i> *
Κανονικά	6,7-7,2	< 4	< 13-15
Όξινα	< 6,5	< 4	< 13-15
Αλατούχα	< 8,5	> 4	< 13-15
Αλατούχα – Αλκαλιωμένα	< 8,5	> 4	> 13-15
Αλκαλιωμένα (με νάτριο)	> 8,5	< 4	> 13-15

\* Το *ESP* των εδαφών και το *SAR* σχετίζονται πολύ στενά στα περισσότερα εδάφη.

### 1.3. Αλατούχα εδάφη (*Salon chak*)

Τα αλατούχα εδάφη περιέχουν ουδέτερα διαλυτά άλατα περισσότερο από 0,5% με συνέπεια την πρόκληση βλαβών στην ανάπτυξη των περισσότερων φυτών. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εκχυλίσματος κορεσμού είναι μεγαλύτερη των  $EC > 4$  mmhos/cm και το ποσοστό ανταλλάξιμου  $Na^+$  ( $ESP$ )  $< 15$ . Το pH είναι μικρότερο του 8,5 αφού τα άλατα είναι συνήθως ουδέτερα. Τέλος το SAR είναι μικρότερο του 13 παρά το ότι η συγκέντρωση των ιόντων νατρίου είναι σχετικά μεγαλύτερη των συγκεντρώσεων των ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου. Λόγω της λευκής κρούστας λέγονται λευκά αλκαλικά (*White alkali*).

Η υψηλή συγκέντρωση αλάτων στο εδαφικό διάλυμα προκαλεί πλασμόλυση των κυττάρων των ριζών, με συνέπεια να μην κάνουν για γεωργική χρήση, παρά μόνο αφού επέλθει έκπλυση των ουδετέρων αλάτων.

### 1.4. Αλατούχα - Αλκαλιωμένα εδάφη (*Saline - Sodic*)

Στα εδάφη αυτά παρατηρούνται και υδατοδιαλυτά άλατα και ανταλλάξιμο νάτριο που μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές βλάβες στην ανάπτυξη των φυτών. Η  $EC$  του εκχυλίσματος κορεσμού είναι  $> 4$  mmhos/cm, το ποσοστό κορεσμού με  $Na^+$  ( $ESP$ )  $> 15$ . Το  $pH \leq 8,5$  και τέλος το SAR είναι τουλάχιστον 13.

Τα εδάφη αυτά εκπλυνόμενα με νερό τείνουν να αυξήσουν σημαντικά το pH. καθώς τα διαλυτά ουδέτερα άλατα απομακρύνονται, το εναλλακτικό νάτριο ευκόλως υδρολύεται με αποτέλεσμα η συγκέντρωση των  $OH^-$  να αυξηθεί. Η παραπάνω πορεία φαίνεται κάτωθι.



Στερεή εδαφική φάση   Εδαφικό διάλυμα   Στερεή εδαφική φάση   Εδαφικό διάλυμα

Όταν υπάρχουν ουδέτερα διαλυτά άλατα του νατρίου η άνωθι αντίδραση κινείται προς τα αριστερά, με αποτέλεσμα να παρατηρείται μείωση της συγκέντρωσης των  $\text{OH}^-$  στο εδαφικό διάλυμα. Στη περίπτωση αυτή το  $\text{pH}$  δεν ανεβαίνει πάνω από την τιμή  $\text{pH}=8$ . Στην αντίθετη περίπτωση όταν δηλαδή τα διαλυτά ουδέτερα άλατα απομακρύνονται το  $\text{pH}$  αυξάνεται και ξεπερνούν το όριο  $\text{pH}=8,5$  με αποτέλεσμα τα κολλοειδή των ορυκτών της αργίλου να υποστούν διασπορά. Άμεσο επακόλουθο είναι η καταστροφή της δομής του εδάφους η οποία γίνεται συνεκτική, φράζουν οι εδαφικοί πόροι, άρα ο αερισμός τους εδάφους μειώνεται ενώ ταυτόχρονα τα τοξικά συμπτώματα από το νάτριο στα φυτά αυξάνονται.

### 1.5. Αλκαλιωμένα (με νάτριο) εδάφη. (*Sodic*)

Στα εδάφη αυτά  $\text{EC}$  είναι μικρότερη των  $4\text{mmhos/cm}$ , το ανταλλάξιμο  $\text{Na}^+$  είναι μεγαλύτερο του 15, το  $\text{pH}$  φτάνει την τιμή  $\text{pH}=10$  ή και υψηλότερα.

Στα αλκαλιωμένα με νάτριο εδάφη το εδαφικό διάλυμα διαφέρει στη σύνθεσή του από αυτό των αλατούχων εδαφών. Το επικρατέστερο κατιόν είναι το  $\text{Na}^+$ . Το γεγονός αυτό ερμηνεύεται όχι μόνο από το υψηλό  $\text{pH}$  αλλά και από την παρουσία ανθρακικών ανιόντων που δημιουργεί κατακρήμνιση του ασβεστίου και μαγνησίου με τη μορφή αδιάλυτων αλάτων του  $\text{CaCO}_3$  και του  $\text{MgCO}_3$ .

Το υψηλό  $\text{pH}$  των εν λόγω εδαφών συντελεί στη διάλυση της οργανικής ουσίας αυτών, η οποία μεταφερόμενη στην επιφάνεια με την ανοδική κίνηση του νερού, δίδει μελανούς χρωματισμούς. Γι' αυτό το λόγο τα αλκαλιωμένα αυτά εδάφη ονομάζονται και μαύρα αλκαλιωμένα (*Black alkali soils*).



## 1.6. Επιδράσεις των διαλυτών αλάτων στην ανάπτυξη των φυτών

Ένας από τους κυριότερους παράγοντες υποβάθμισης των εδαφών και των νερών είναι η περιεκτικότητά τους σε διαλυτά άλατα. Τα άλατα βέβαια εκτός από τη γονιμότητα και ποιότητα του εδάφους, επηρεάζουν άμεσα και τα φυτά και ειδικότερα τις καλλιέργειες.

Τα διαλυτά άλατα του εδάφους μπορεί να επιδράσουν με δυο τρόπους στην ανάπτυξη των φυτών (Μήτσιος, 1996).

- Σ' αυτούς που αναφέρονται σε ειδικές επιζήμιες επιδράσεις στα φυτά και οφείλονται σε συγκεκριμένα ιόντα που υπάρχουν στο έδαφος και

- Σ' αυτούς που αναφέρονται σε μια καθολική επίδραση στα φυτά σαν αποτέλεσμα της αύξησης της οσμωτικής πίεσης του εδαφικού διαλύματος γύρω από τις ρίζες των φυτών.

Τα ιόντα που βρίσκονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις στο εδαφικό διάλυμα και προκαλούν ειδικές επιζήμιες επιδράσεις στα φυτά, υπάρχουν στο έδαφος με τη μορφή του ανθρακικού νατρίου και διαλυτών αλάτων βορίου. Οι επιζήμιες επιδράσεις που παρατηρούνται στα φυτά δεν οφείλονται αποκλειστικά στην επιζήμια δράση των στοιχείων νατρίου και βορίου, αλλά και στην επιζήμια δράση στα φυτά εξαιτίας του υψηλού pH. Πολλά φυτά είναι ευαίσθητα στην παρουσία του νατρίου στο έδαφος (εναλλακτικό και υδατοδιαλυτό), το οποίο σε υψηλές συγκεντρώσεις προκαλεί τοξικά συμπτώματα. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η ανθεκτικότητα διαφόρων φυτών σε διάφορο E.S.P. του εδάφους.

Οι επιζήμιες επιδράσεις των διαλυτών αλάτων συνοψίζονται παρακάτω:

- Φυσιολογική δίψα στα φυτά που είναι αποτέλεσμα της επίδρασης της οσμωτικής πίεσης.

- Αυξανόμενη υδραυλική αντίσταση των ριζών και των φυτών.

- Μεταβολή των ορμονικών επιπέδων στα φυτά που επιδρούν στους ρυθμούς ανάπτυξης των φυτών.

- Άμεση επιζήμια επίδραση ειδικότερα στους μηχανισμούς φωτοσύνθεσης των φυτών.

- Ανταγωνισμός των θρεπτικών στοιχείων με αποτέλεσμα τη χρήση ενέργειας, προκειμένου να διατηρηθεί η ισορροπία K/Na.
- Δημιουργία διαφόρων τοξικοτήτων στα φυτά λόγω υψηλών συγκεντρώσεων των στοιχείων.
- Απαιτούνται μεγάλες ποσότητες ή καθαρού αρδευτικού νερού (leaching requirement) με σύγχρονη αποστράγγιση για την κάθοδο της στάθμης του υπόγειου νερού και την έκπλυση των αλάτων και απομάκρυνση των νερών έκπλυσης.
- Η συγκέντρωση ιόντων  $\text{Na}^+$  στο εδαφικό ανταλλάξιμο σύμπλοκο, επηρεάζει το πορώδες έδαφος, προκαλώντας τη διασπορά των κολλοειδών. Οι πόροι φράσσουν και μειώνεται δραστικά η υδραυλική αγωγιμότητα και διηθητικότητα κυρίως στα βαριά αργιλώδη εδάφη.
- Η καταστροφή της δομής του εδάφους.
- Η διαθεσιμότητα των στοιχείων Zn, Cu, P, Fe λόγω του υψηλού pH μειώνεται.
- Ορισμένα ιόντα B, Cl, Na επηρεάζουν δυσμενώς την ανάπτυξη των φυτών, ακόμα και σε χαμηλές συγκεντρώσεις.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

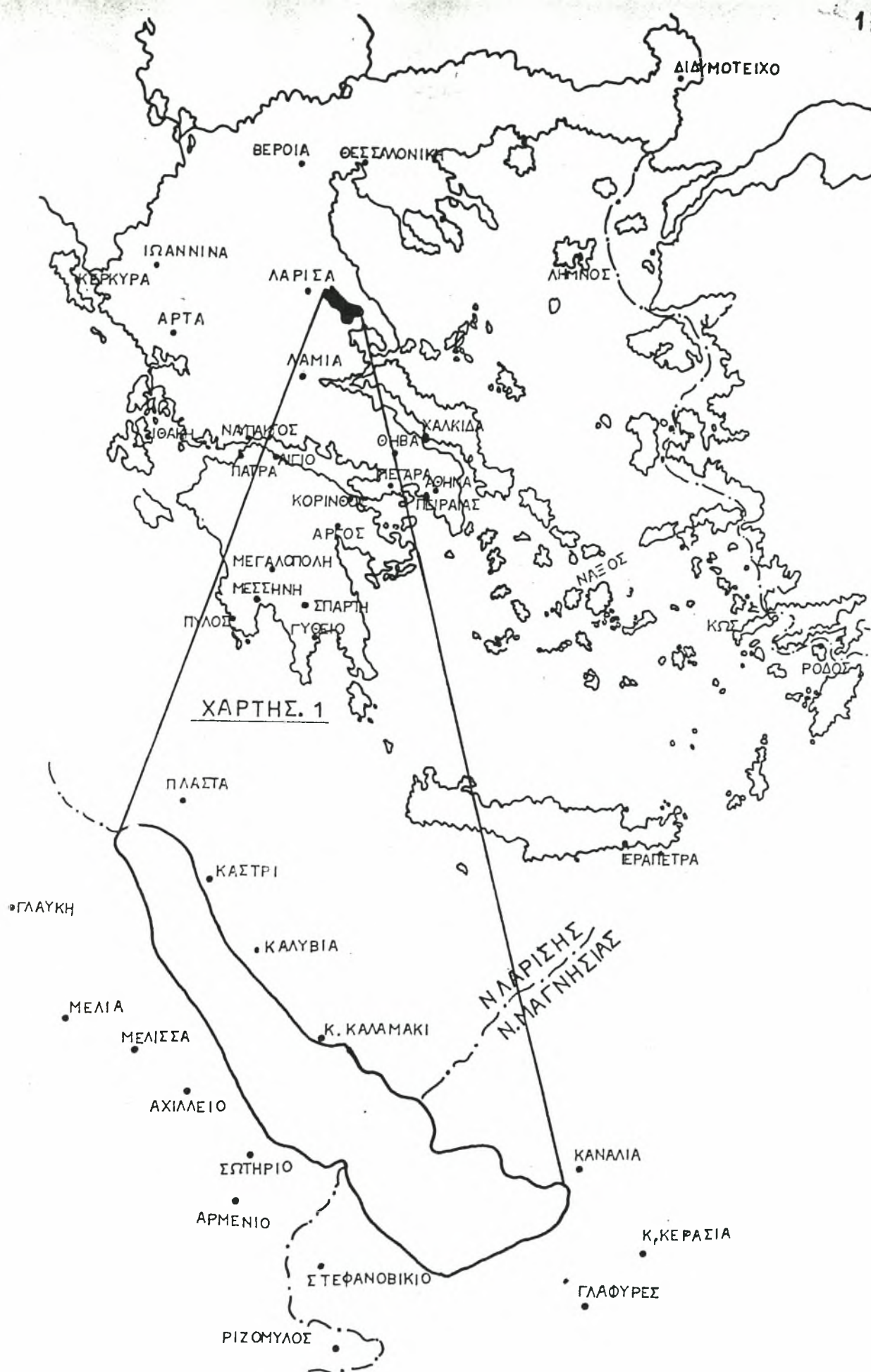
### ΘΕΣΗ-ΟΡΙΑ-ΕΜΒΑΔΟΝ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΑΡΛΑΣ

Στο δεύτερο αυτό κεφάλαιο παρατίθενται πληροφορίες και στοιχεία για την ευρύτερη περιοχή της τέως λίμνης Κάρλας που αφορούν στη τοποθεσία, στο κλίμα, στη γεωλογία, στην υδρολογία, στο αβιοτικό περιβάλλον της λίμνης και στη χρήση της.

#### 2.1 ΘΕΣΗ-ΟΡΙΑ-ΕΜΒΑΔΟΝ

Η λεκάνη της Κάρλας κατέχει το ΝΑ άκρο της πεδιάδας της Λάρισας και παρουσιάζει μορφή κλειστής επιμήκους λεκάνης μήκους 35Km και πλάτους 9-15Km. Περιλαμβάνεται μεταξύ των παραλλήλων 39° 25΄ έως 39° 40΄ και των μεσημβρινών 22° 30΄ έως 22° 56΄. Η λεκάνη έχει όρια στο βορρά τον ποταμό Πηνειό και τον ορεινό όγκο της Όσσας (Κίσσαβος), στην ανατολή τους ορεινούς όγκους του Μαυροβουνίου και του Πηλίου, στο νότο το Χαλκοδόνιο όρος και το Μεγαβούνι και στη δύση το Φυλλήτον όρος.

Το συνολικό εμβαδόν της λεκάνης Κάρλας ανέρχεται σε 1650Km<sup>2</sup>. Στο μέσο της λεκάνης αυτής βρίσκεται το βαθύτερο τμήμα της Θεσσαλικής πεδιάδας, τα χαμηλότερα τμήματα της οποίας, μέχρι το 1961, κάλυπταν τα νερά της λίμνης Κάρλας, που αποτελούσε πριν από την εκτέλεση των έργων και τον κύριο αποδέκτη της. Διοικητικά η λεκάνη της Κάρλας υπάγεται στους νομούς Λαρίσης και Μαγνησίας. (Χάρτες 1 και 2 ).



ΧΑΡΤΗΣ. 2

Κ.Λ. 1:250000

## 2.2 ΚΛΙΜΑ

### 2.2.1 Γενικά

Το μικροκλίμα της περιοχής, σύμφωνα με το γεωργικό μέρος της μελέτης των εγγειοβελτιωτικών έργων Θεσσαλίας 1987, είναι Μεσογειακού ηπειρωτικού χαρακτήρα, με θερμά-ξηρά καλοκαίρια και ψυχρούς-υγρούς χειμώνες.

### 2.2.2 Βροχόπτωση

Ο λόγος P/ETP ( Βροχόπτωση / εξατμισοδιαπνοή ) παίρνει τιμές από 0,20 μέχρι 0,50 και το κλίμα χαρακτηρίζεται ειδικότερα σαν ημίξηρο (semiarid). (Παραδόσεις καθ. Ν. Γιάσογλου στο μεταπτ. ΑΓΣΑ).

Σύμφωνα με παρατηρήσεις 10 ετών στο αεροδρόμιο Λάρισας, η μέση ετήσια βροχόπτωση ανέρχεται στα 512mm κατανεμημένα κύρια στους φθινοπωρινούς μήνες, ενώ αντίθετα ο Ιούλιος και ο Αύγουστος είναι οι ξηρότεροι μήνες.

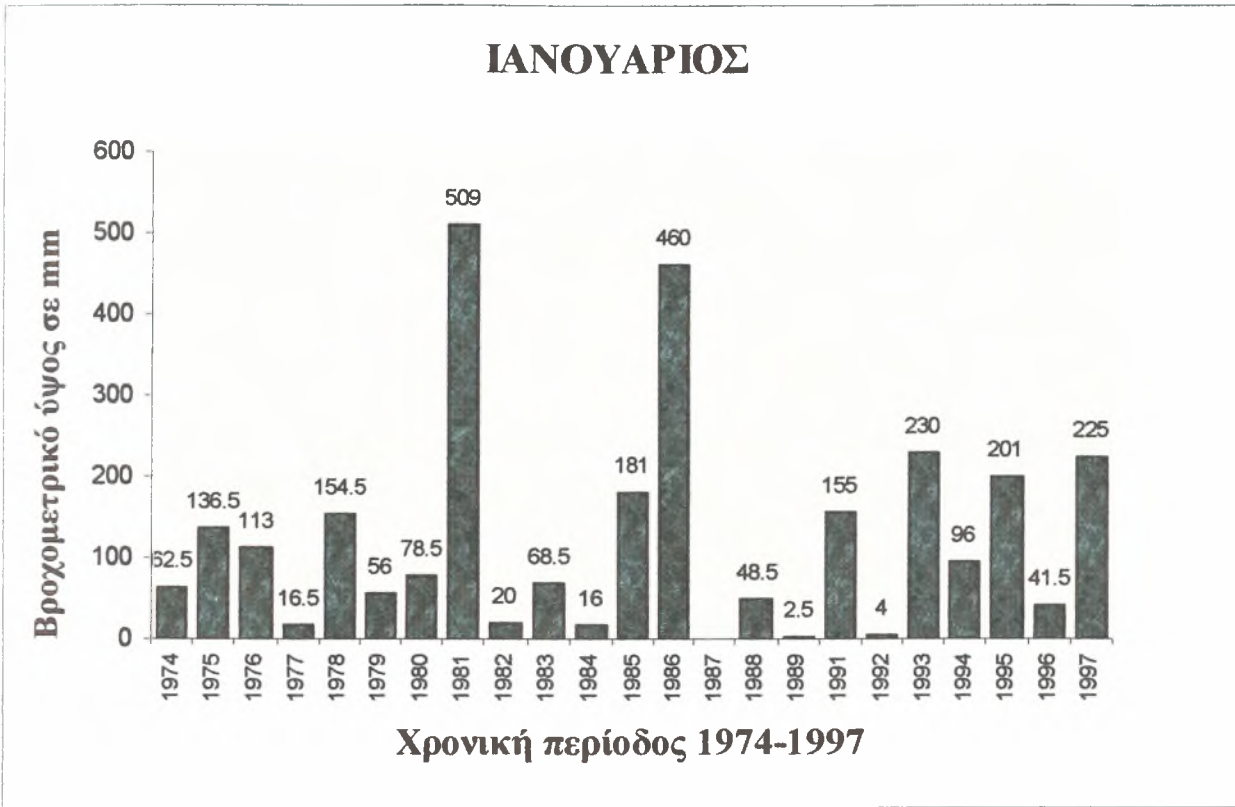
Με βάση δεδομένα από τον σταθμό της περιοχής των Καναλίων σχεδιάστηκαν τα ιστογράμματα των σελίδων 20-26, στα οποία φαίνεται η συνολική βροχόπτωση ανά μήνα κατά τη χρονική περίοδο 1977-1997.

Με βάση επίσης τα ετήσια βροχομετρικά δεδομένα 34 ετών (1960-1993) από 13 σταθμούς, οι οποίοι βρίσκονται εντός και γύρω από τη λεκάνη απορροής της Κάρλας, χαράχθηκαν με τη μέθοδο της παρεμβολής (Kriging) οι ετήσιες ισουετείς καμπύλες. Όπως φαίνεται στο σχήμα της σελίδας 27 το δυτικό τμήμα της περιοχής δέχεται το μικρότερο ετήσιο ύψος βροχής, ενώ αυξάνεται προοδευτικά προς τα ανατολικά.

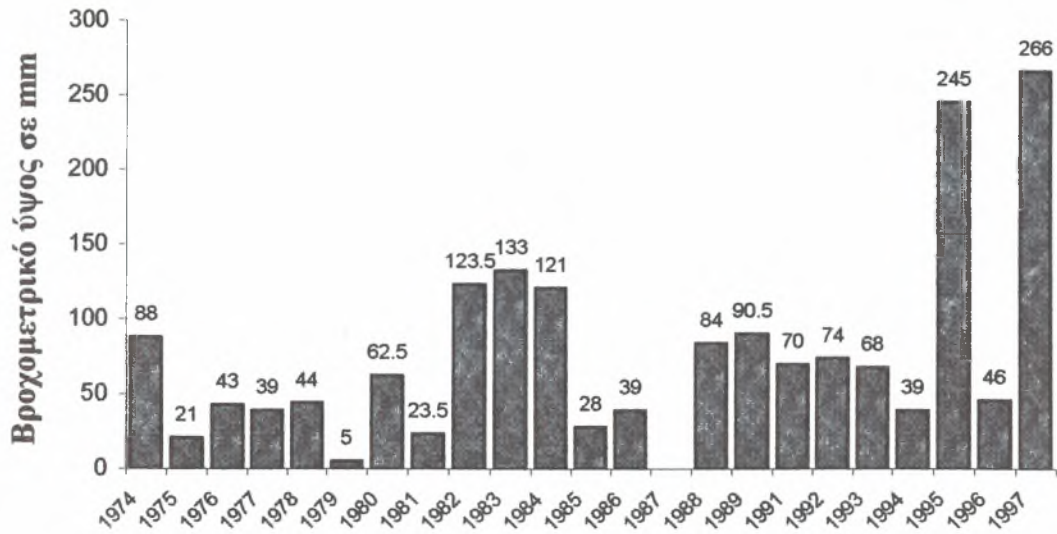
Ραγδαίες βροχοπτώσεις είναι σπάνιες. Η μεγαλύτερη βροχόπτωση που παρατηρήθηκε κατά τη διάρκεια 24ώρου είναι 86mm.



Κατανομή του βροχομετρικού ύψους (mm) για κάθε μήνα κατά τη χρονική περίοδο 1974-1997 στη περιοχή Καναλίων.

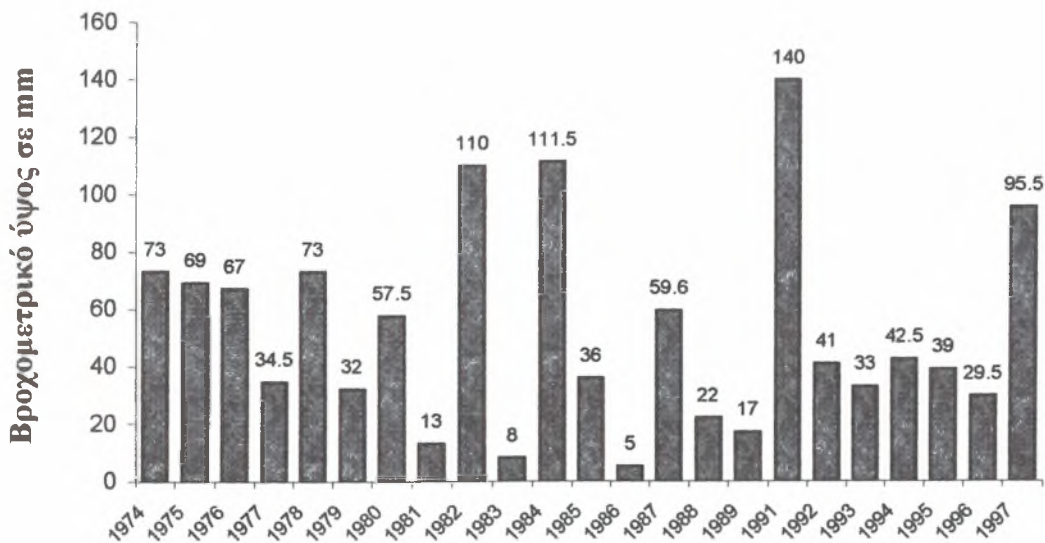


## ΜΑΡΤΙΟΣ



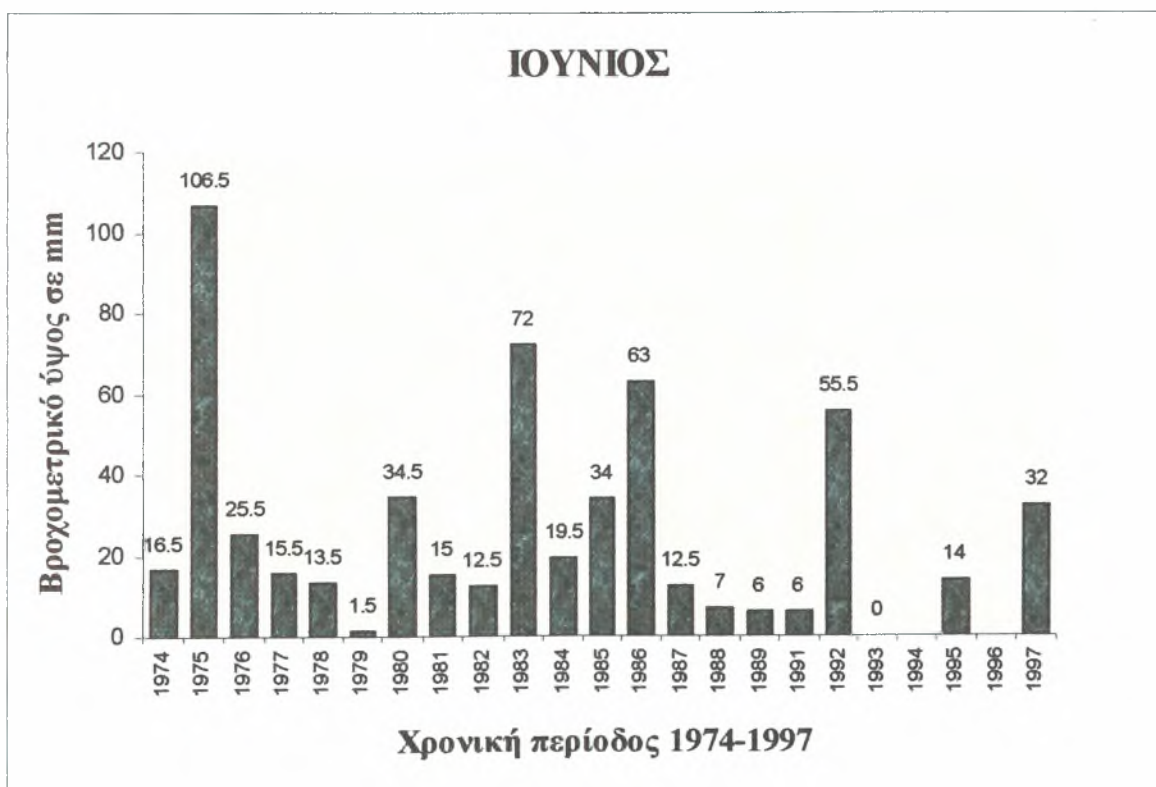
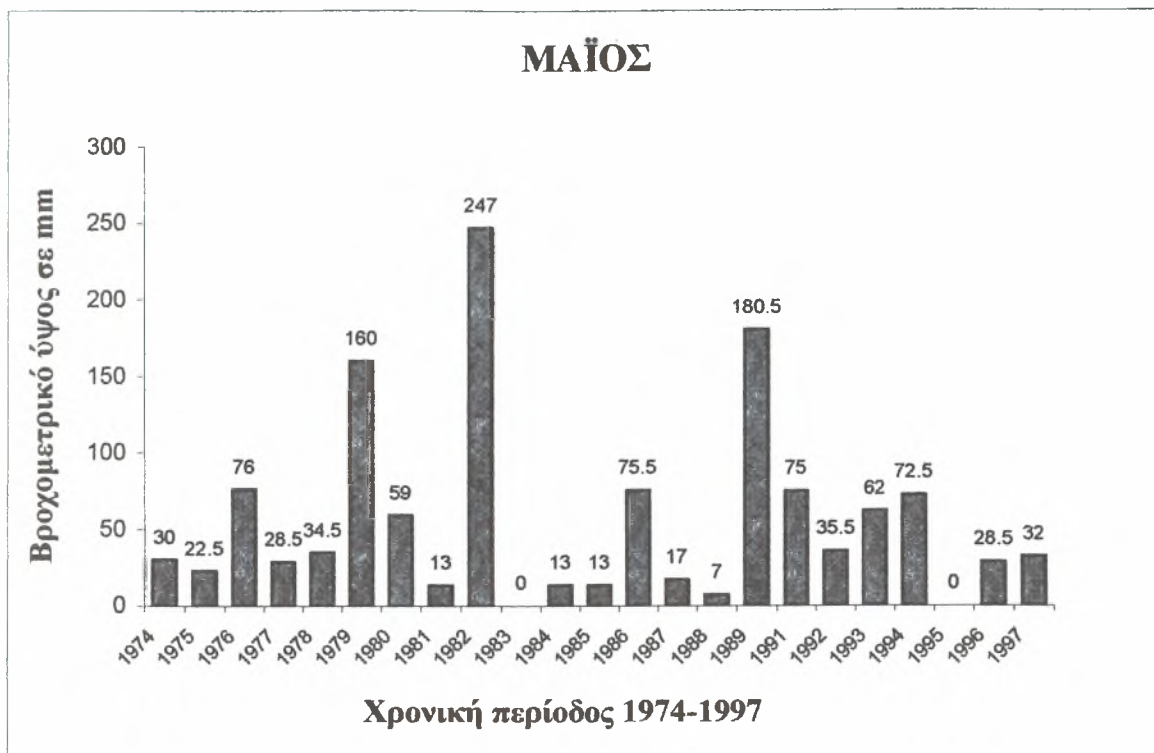
Χρονική περίοδος 1974-1997

## ΑΠΡΙΛΙΟΣ



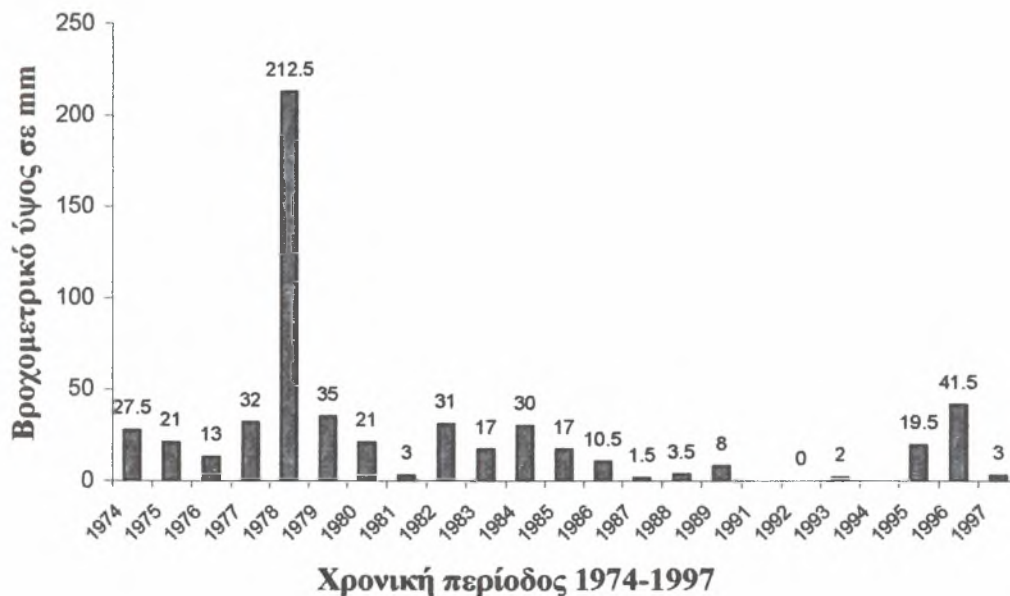
Χρονική περίοδος 1974-1997



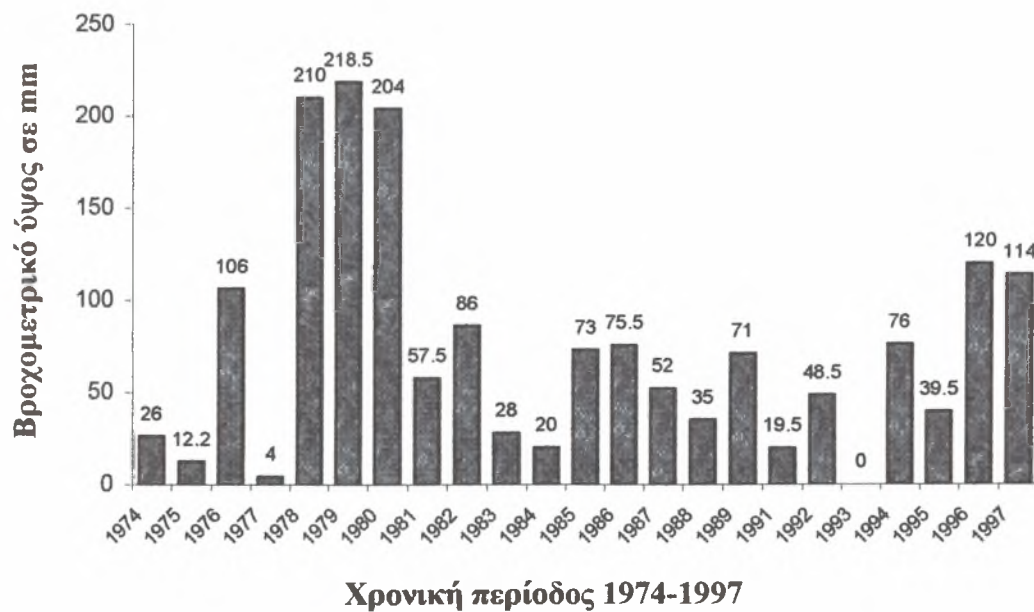




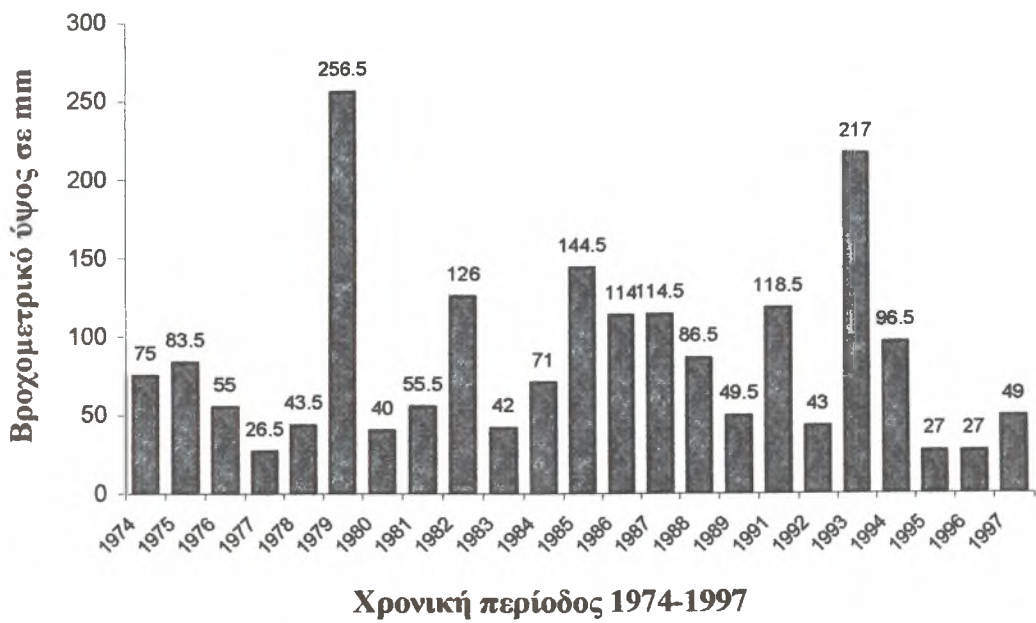
## ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ



## ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ



ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ

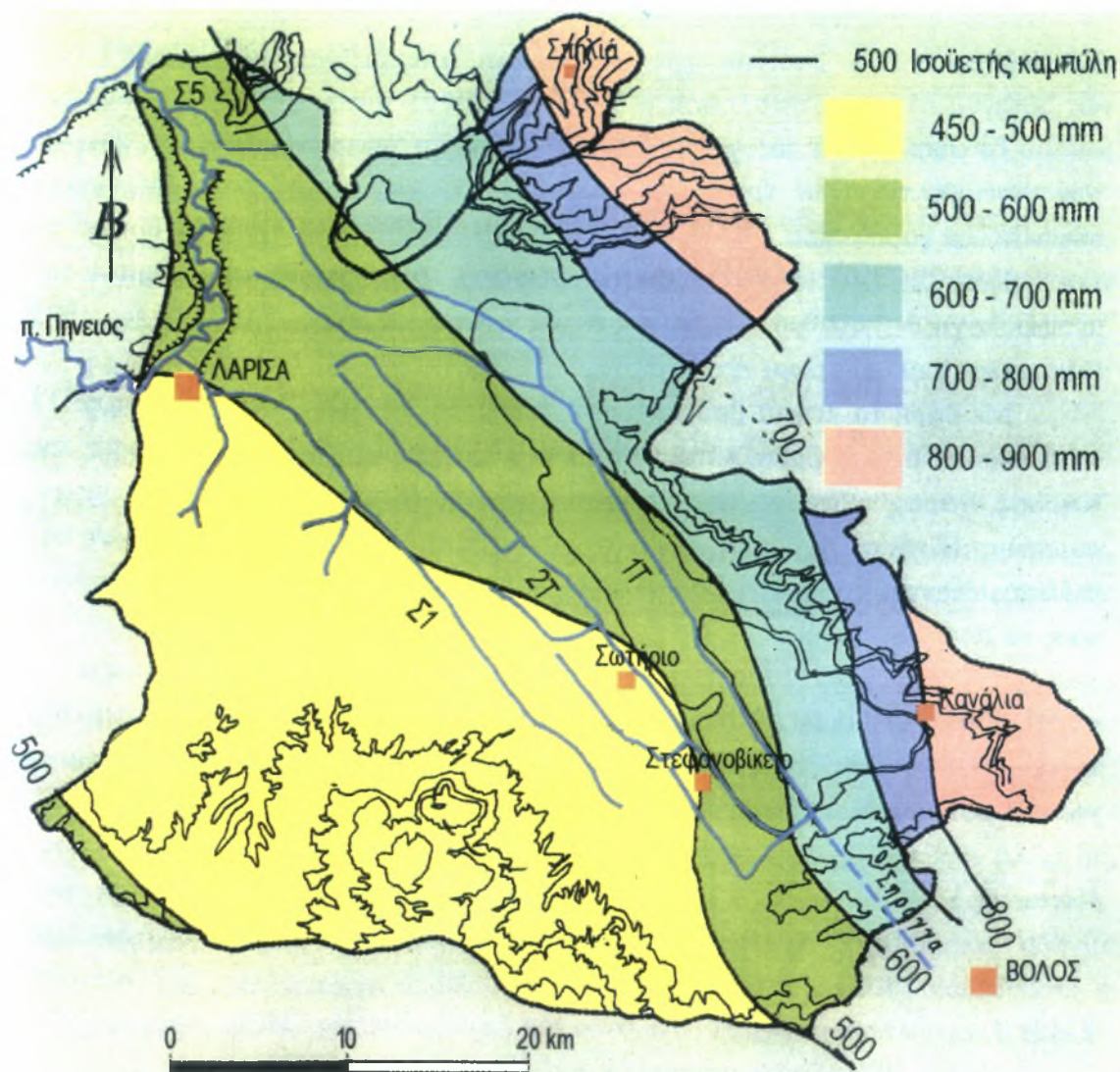


ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ

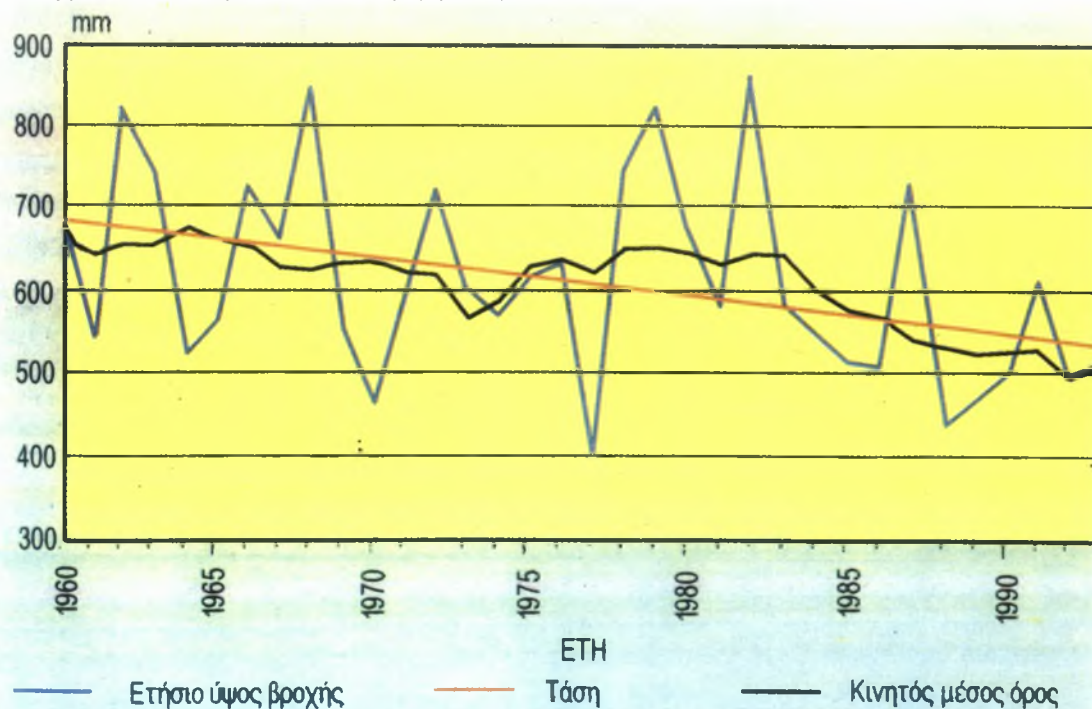








Σχήμα 3. Ισοϋετείς καμπύλες ευρύτερης περιοχής Κάρλας.  
(Η επεξεργασία και η παρουσίαση των πληροφοριών έγινε από το ΕΚΒΥ)



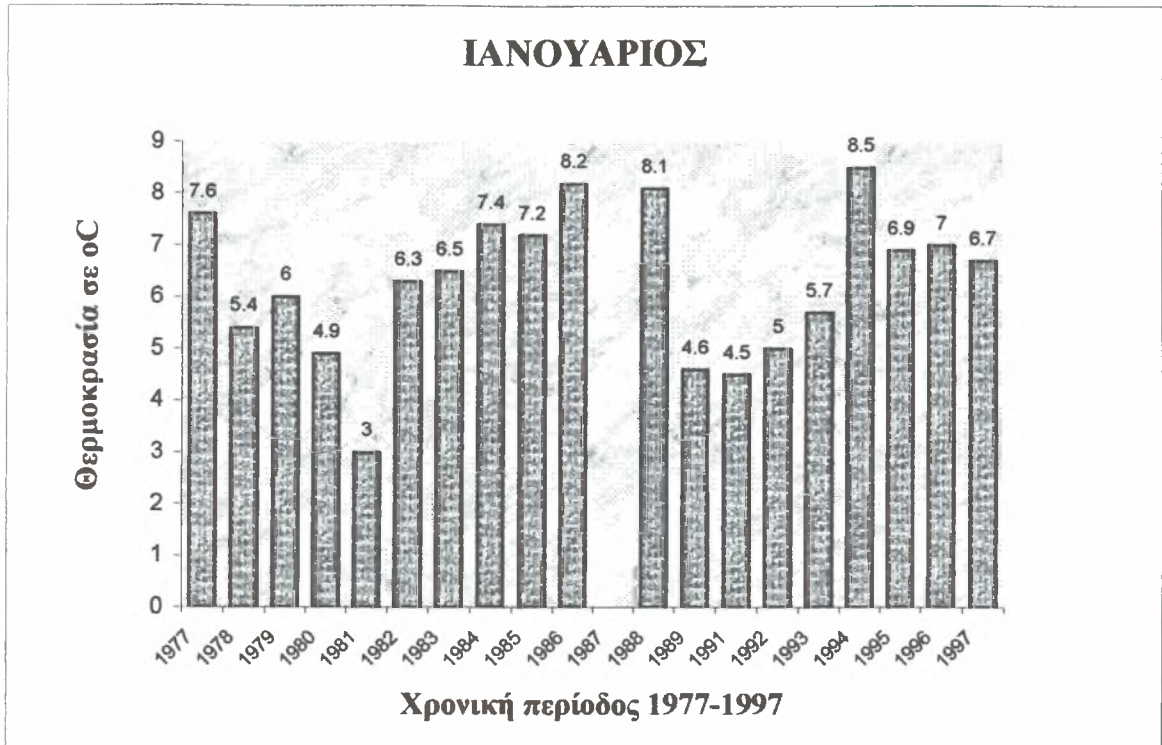
Σχήμα 4. Ετήσια ύψη βροχής, κινητός μέσος όρος και γραμμική τάση των ετησίων υψών βροχής  
(Η επεξεργασία και η παρουσίαση των πληροφοριών έγινε από το ΕΚΒΥ)

### 2.2.3 Θερμοκρασία

Η μέση ετήσια θερμοκρασία της περιοχής είναι 16,2°C. Η θερμή εποχή συμπίπτει με τους πιο ξηρούς μήνες (Ιούλιο-Αύγουστο) οι οποίοι έχουν μέσες θερμοκρασίες 28 και 27.8 βαθμούς αντίστοιχα. Η μέγιστη θερμοκρασία φτάνει τους 34°C, ενώ η χαμηλότερη συμβαίνει συνήθως τον Ιανουάριο. ( Παρατηρήσεις 10 ετών Αεροδρομίου Λάρισας).

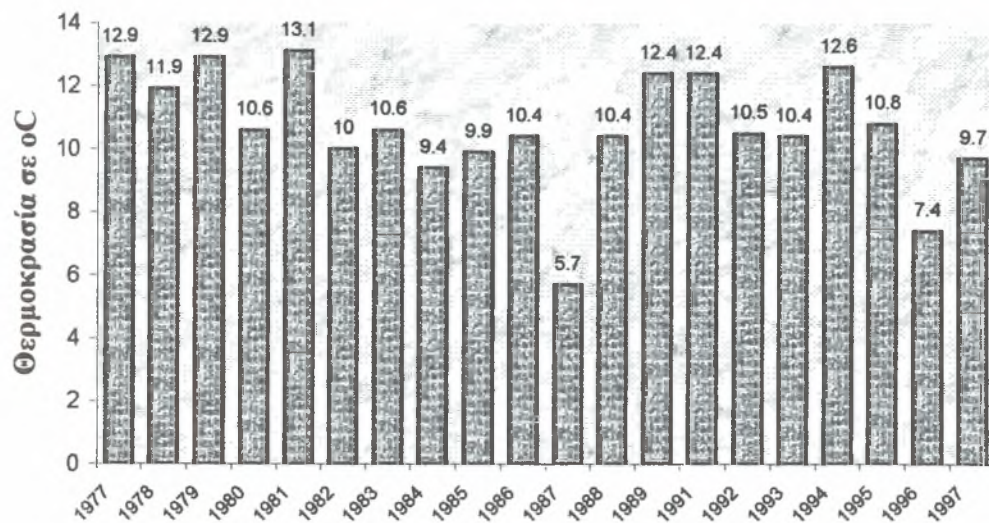
Με βάση ετήσια στοιχεία από το μετεωρολογικό σταθμό της περιοχής των Καναλιών έχουν σχεδιασθεί και παρουσιάζονται στις σελίδες 29-34 ιστογράμματα με τη διακύμανση της μέσης θερμοκρασίας ανά μήνα στη χρονική περίοδο από το 1977 έως το 1997.

**Κατανομή της μέσης θερμοκρασίας για κάθε μήνα κατά τη χρονική περίοδο 1977-1997 στη περιοχή Καναλίων.**



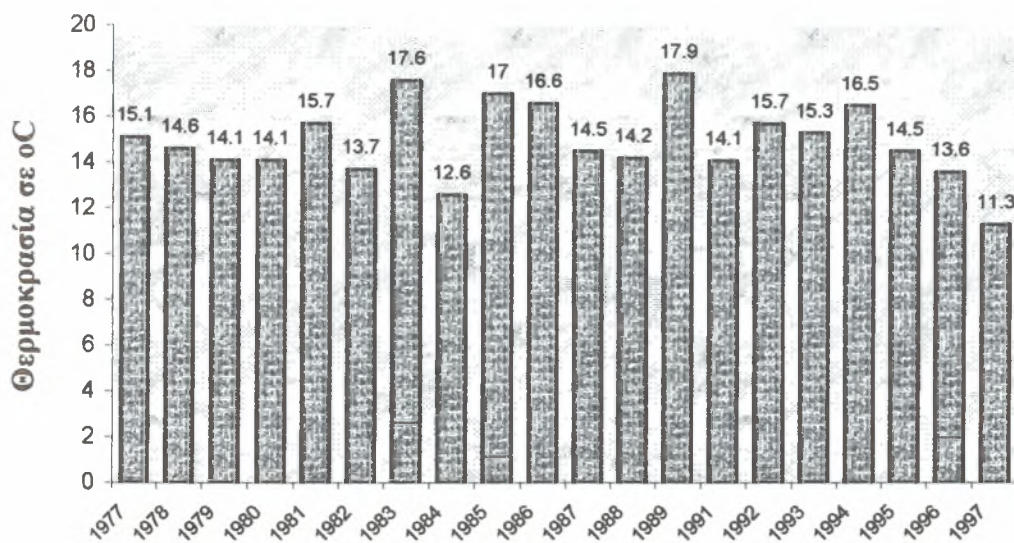


### ΜΑΡΤΙΟΣ

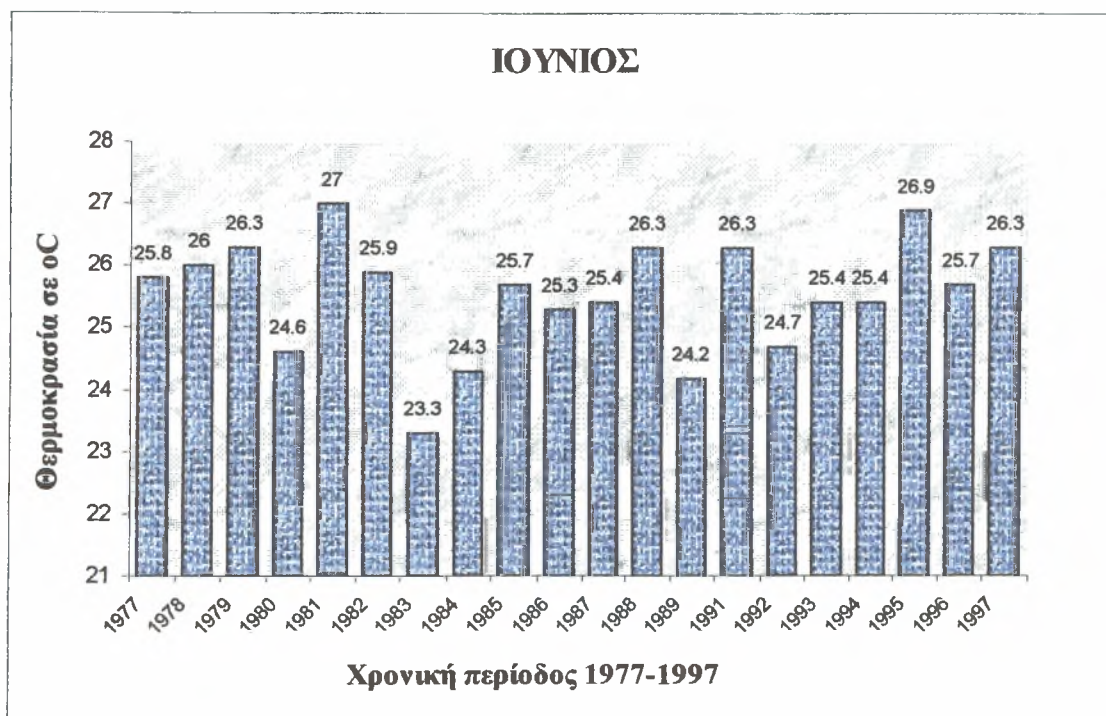
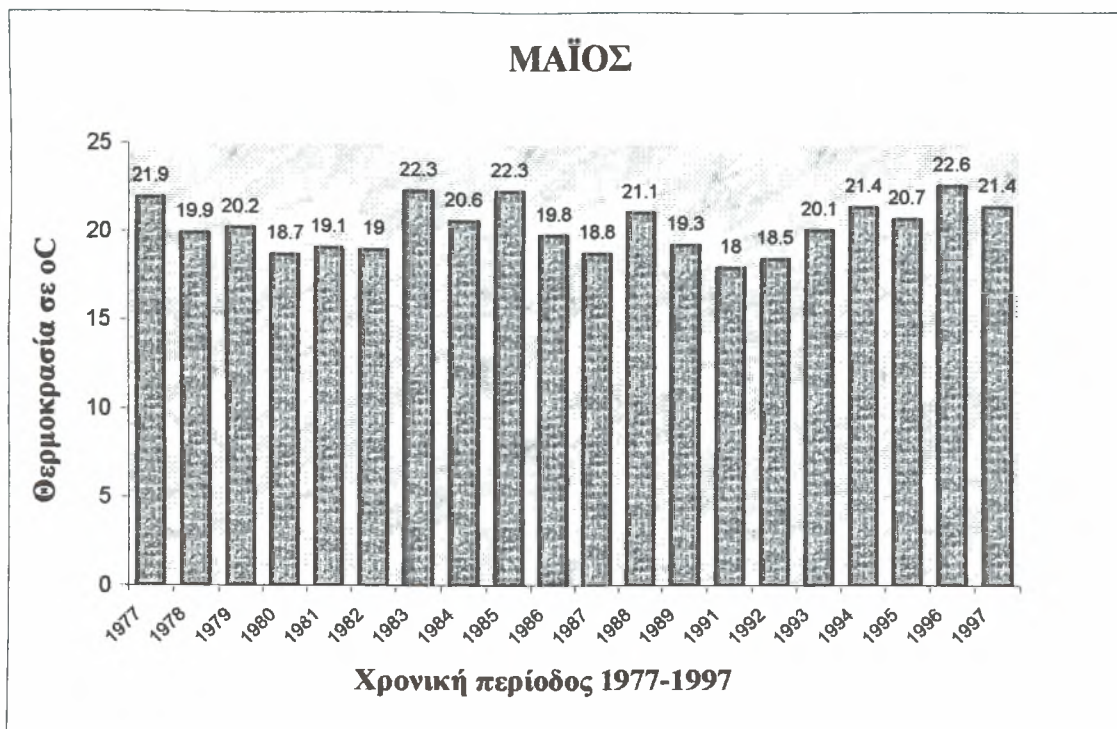


Χρονική περίοδος 1977-1997

### ΑΠΡΙΛΙΟΣ

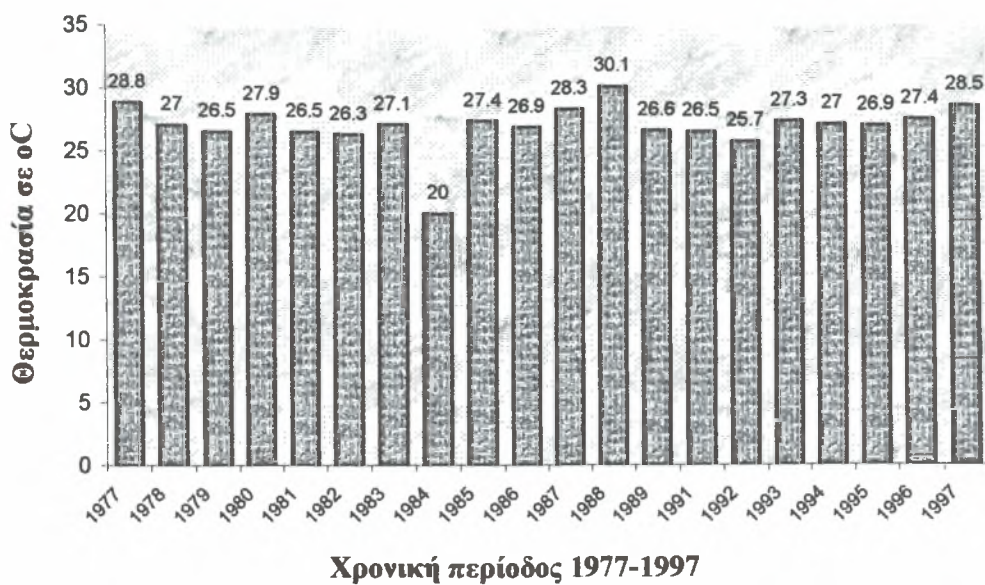


Χρονική περίοδος 1977-1997





### ΙΟΥΛΙΟΣ



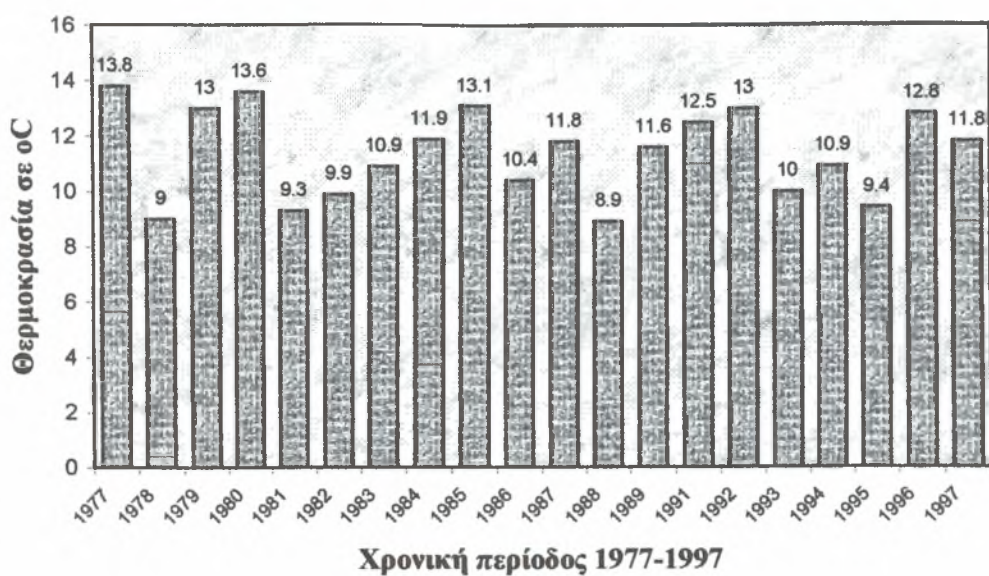
### ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ







### ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ



### ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ



## 2.3 ΓΕΩΛΟΓΙΑ-ΕΔΑΦΟΣ

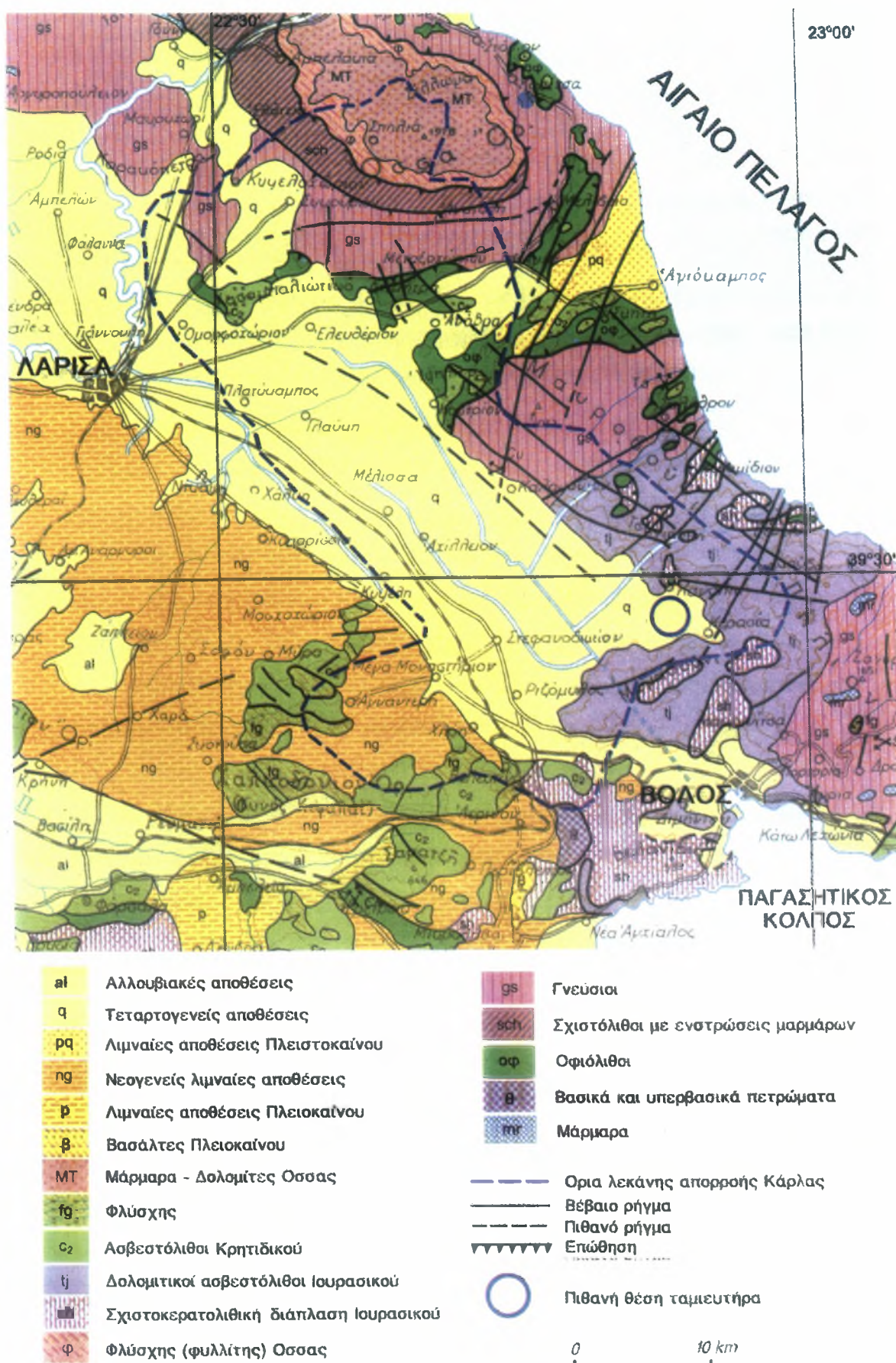
Η πεδιάδα της Κάρλας είναι επίπεδη με πολύ μικρή κλίση. Το υψηλότερο υψόμετρο είναι 50 μέτρα και το χαμηλότερο στο Ν.Α άκρο είναι 44 μέτρα.

Η περιοχή της Κάρλας αποτελεί τεκτονικό βύθισμα που σχηματίστηκε κατά τους πρόσφατους γεωλογικούς χρόνους (Καλλέργης και Παπανικολοάου 1979). Ακολούθησε πλήρωσή του με υλικά που μετέφερε ο Πηνειός και οι γύρω από αυτόν χείμαρροι από τις λεκάνες απορροής τους. Το κεντρικό τμήμα, στη μεγαλύτερή του έκταση, όπως φαίνεται από το απόσπασμα του γεωλογικού χάρτη (κλίμακα 1:200.000, ΙΓΜΕ 1983) (σχήμα 5), αποτελείται από μεγάλου πάχους λεπτόκοκκες νεογενείς αποθέσεις όπως είναι η ιλύς και κύρια η άργιλος πλούσια σε ανθρακικά άλατα, ενώ στην περιμετρική ζώνη επικρατούν μικρότερου πάχους στρώσεις αδρομερέστερων υλικών, που προέρχονται από τους κώνους των χειμάρρων και τα κορύματα των κλιτύων. Οι ορεινοί όγκοι που περιβάλλουν την πεδιάδα από Β.Α, αποτελούνται από κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα ταλκικών σχιστόλιθων και χλωρωτικών γνευσίων, που φθάνουν μέχρι την περιοχή του Καλαμακίου, και στη συνέχεια από καρστικοποιημένα μάρμαρα. Σχιστολιθικοί θύλακες, εντός των μαρμάρων, εμφανίζονται στα βόρεια και νότια του χωριού Κανάλια, ενώ οι ίδιοι σχηματισμοί συνεχίζονται και στα Ν.Α. Στο Ν.Δ τμήμα η πεδιάδα καλύπτεται από τους αργιλικούς όγκους του Πλειοκαίνου.

Η ευρύτερη περιοχή της Κάρλας, σύμφωνα με την αναγνωριστική εδαφολογική μελέτη περιοχών Κάρλας και Παρακαρλίων (Τζιώλας, 1988), κατέχει έκταση 42.500ha. Απ'αυτά τα 34500ha αποτελούν την καλλιεργούμενη έκταση, που ανήκει στους ιδιώτες, τα 2.000 ha κατέχουν οι οικισμοί, ενώ το υπόλοιπο 6.000ha αποτελούν τα εδάφη που βρίσκονταν σε μόνιμη κατάκλυση πριν από την αποξήρανση της

λίμνης και ανήκουν στο δημόσιο. Από την τελευταία κατηγορία τα 4.000ha δίνονται προσωρινά για καλλιέργεια ετήσιας παραγωγής (κυρίως βαμβάκι) και τα υπόλοιπα 2.000ha κατακλύζονται προσωρινά. Οι τύποι εδαφών που παρουσιάζονται (ανάλογα με το μητρικό υλικό των ορεινών τμημάτων που τα περιβάλλουν) είναι οι εξής : Entisols, Inceptisols, Moltisols και Vertisols. Σ'ολόκληρη την έκταση της μελετούμενης περιοχής υπάρχουν μικρές κηλίδες αλκαλιωμένων εδαφών.





Σχήμα 5. Χάρτης γεωλογικών σχηματισμών περιοχής Κάρλας (ΓΓΜΕ 1983)  
(Η επεξεργασία και η παρουσίαση των πληροφοριών έγινε από το ΕΚΒΥ)



## 2.4 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

Εξαιτίας των αδιαπέραστων στρωμάτων, που εκτείνονται σ' ολόκληρη την πεδινή περιοχή, υπάρχει ελάχιστη τροφοδοσία των υδροφορέων από την άμεση διήθηση των υδάτων της βροχής. Η κύρια τροφοδοσία των υδροφορέων, στην ανατολική πεδιάδα της Θεσσαλίας, γίνεται είτε πλευρικά από τις κοίτες των υδατορευμάτων είτε από τους ΝΔ και Δ ορεινούς όγκους που την περιβάλλουν (SOGREAH 1974, Θάνος 1993). Αντίθετα δεν υπάρχει τροφοδοσία των υδροφορέων από τα ορεινά συγκροτήματα της Α και Β.Α πλευράς, που περιβάλλουν την περιοχή, τα οποία ύδατα των ορεινών συγκροτημάτων, κατά τον Θάνο (1993), ο οποίος επικαλείται τη γνώμη κι άλλων υδρογεωλόγων, στραγγίζουν βραδέως και σταθερά δια των ρηγματώσεων του ορεινού συγκροτήματος Α και ΒΑ προς το Αιγαίο που απέχει μόνο 10Km από τα ανατολικά όρια της πεδινής έκτασης.

Ο ολικός όγκος των ποσοτήτων που εισρέουν στους υδροφορείς σύμφωνα με τη SOGREAH (1974) είναι περιορισμένος. Λόγω της περιορισμένης τροφοδοσίας συνιστάται ελεγχόμενη εκμετάλλευση των υπόγειων υδάτων της περιοχής. Η ανεξέλεγκτη εκτέλεση γεωτρήσεων στην ευρύτερη περιοχή για την ικανοποίηση αρδευτικών, αστικών και βιομηχανικών αναγκών και η υπεράντληση των υδροφορέων, σε συνδυασμό με την παρατηρηθείσα μείωση των βροχοπτώσεων τα τελευταία έτη, προκάλεσαν σοβαρή πτώση της υπόγειας στάθμης (Θάνος 1993). Συνέπεια αυτού είναι η αύξηση των δαπανών ενέργειας για άντληση, ανά μονάδα όγκου νερού, ενώ υπάρχει ο κίνδυνος εισόδου θαλασσινού νερού στους υδροφορείς με συνέπεια την υφαλμύρωσή τους, γεγονός που καθιστά επιτακτική την ανάγκη ταχείας ολοκλήρωσης των αντιπλημμυρικών έργων.

Σ' αυτό το σημείο αναφέρεται ότι από πολύ παλιά είχε επισημανθεί το πρόβλημα της αλατότητας στα νερά της λίμνης. Έτσι

από τα πρώτα αποστραγγιστικά έργα (Παπαδάκης, 1956) ο σχεδιασμός τους έγινε έτσι ώστε να διαχωρίζονται τα αβλαβή από τα επιβλαβή ύδατα και για το λόγο αυτό χωρίστηκε το δίκτυο σε υψηλής και χαμηλής ζώνης. Σαν επιβλαβή ύδατα αναφέρονται αυτά με υψηλή συγκέντρωση αλάτων, επιβλαβή για τα καλλιεργούμενα φυτά.

Σύμφωνα με τις μετρήσεις της ΥΕΒ (έκθεση ερευνητικής ομάδας υπαλλήλων Υπουργείου Γεωργίας) το νερό των τάφρων περιέχει σημαντικό ρυπαντικό φορτίο και αυξημένη συγκέντρωση αλάτων. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα φτάνει τα 3000μmhos/cm. Κατά την παραμονή των υδάτων στους ταμιευτήρες (σύνολο 6) δεν απαλλάσσονται από τα άλατα, τα οποία αποτίθενται τελικά στα εδάφη που αρδεύονται μ' αυτά. Η μακροχρόνια εφαρμογή των νερών αυτών στα εδάφη θα προκαλέσει στο μέλλον προβλήματα παθογένειας (FAO-Water quality for agriculture 1989). Εκτός βέβαια από αυτό το πρόβλημα οι καλλιέργειες στη συγκεκριμένη περιοχή απειλούνται και με περιοδικές κατακλύσεις. Αυτά τα προβλήματα οφείλονται σύμφωνα με τον Χατζηλάκο (1992) στη μη ολοκλήρωση των αντιπλημμυρικών και στραγγιστικών έργων.

## 2.5 ΑΒΙΟΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ

Η Λίμνη Κάρλα αποτελούσε μέρος μιας, πολύ μεγαλύτερης λίμνης που κάλυπτε προϊστορικά τον Θεσσαλικό κάμπο. Εξαιτίας του χαμηλότερου υψομέτρου της λίμνης έναντι του Πηνειού, εκτός από τα νερά της λεκάνης απορροής της, η λίμνη δεχόταν και μέρος της πλημμυρικής παροχής του ποταμού, που έφτανε σ' αυτή μέσω του χειμάρρου Ασμάκι. Η είσοδος πλημμυρικών νερών στη λίμνη από το Πηνειό και τη γύρω ορεινή ζώνη, σε συνδυασμό με το βραδύ ρυθμό απομάκρυνσής τους από αυτή, εξαιτίας της εξάτμισης, της βαθιάς διήθησης καθώς και της υπερχειλίσης μέσω των καρστικών

πετρωμάτων, είχε ως αποτέλεσμα το εμβαδόν της να μεταβάλλεται, ανάλογα με τη σχέση μεταξύ εισροών και εκροών, από 4.500 ως 18.000 ha, που αποτελούσαν το μόνιμο εμβαδόν της. 18.200 ha της ευρύτερης περιοχής υπέφεραν από πλημμύρες, με δυσμενείς ως καταστρεπτικές συνέπειες στην απόδοση των καλλιεργειών, εξαιτίας της ελλείψεως οξυγόνου στο έδαφος και της δημιουργίας παθογενών εδαφών από τη συγκέντρωση αλάτων.

## 2.6 ΧΡΗΣΗ ΓΗΣ

Τα καλλιεργούμενα φυτά, που αποτέλεσαν τη κύρια ασχολία των αγροτών των παρακαρλίων κοινοτήτων και εκμεταλλεύτηκαν την πεδιάδα της Κάρλας, ήταν τα χειμερινά σιτηρά κατά κύριο λόγο και τα τεύτλα και το βαμβάκι δευτερευόντως, ενώ σημαντικές εκτάσεις καταλαμβάνουν τα λειβαδιακά φυτά, ετήσια και πολυετή για χορτοκοπή ή κατ' ευθείαν βόσκηση μικρών θηλαστικών-μηρυκαστικών ζώων. Η γεωργική παραγωγή στα εδάφη της περιοχής αντιμετωπίζει προβλήματα λόγω της παθογένειας αυτών.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

#### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σ' αυτό το μέρος της εργασίας περιέχονται όλες οι απαραίτητες μέθοδοι και τα στοιχεία για την ταξινόμηση και αναγνώριση των εδαφών. Στο τέλος αυτού του μέρους παρουσιάζονται πίνακες με τις φυσικές και χημικές ιδιότητες των δειγμάτων εδάφους. Οι παρακάτω αναλύσεις έγιναν από το χειμώνα μέχρι το καλοκαίρι του 1998 στο εργαστήριο Εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

#### 3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ο δια φυσικών και χημικών μεθόδων έλεγχος ενός εδάφους περιλαμβάνει τα εξής τέσσερα στάδια:

1. Τη δειγματοληψία στον αγρό.
2. Τον προσδιορισμό των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων και χαρακτηριστικών αυτού.
3. Την ερμηνεία των αποτελεσμάτων.
4. Το χαρακτηρισμό του εδάφους.

#### 3.2 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Η λήψη αντιπροσωπευτικών δειγμάτων είναι η πλέον ενδιαφέρουσα φάση της όλης εδαφολογικής ανάλυσης. Δεδομένου ότι ένα μη αντιπροσωπευτικό δείγμα μπορεί να οδηγήσει σε εσφαλμένη

γνωμάτευση. Παράγοντες οι οποίοι είναι δυνατόν να επηρεάσουν τη δειγματοληψία είναι:

- Έκταση της προ μελέτη περιοχής.
- Βάθος δειγματοληψίας.
- Αριθμός και κατανομή των σημείων δειγματοληψίας.
- Εποχή δειγματοληψίας και υγρασία εδάφους.
- Μεταφορά και προετοιμασία των δειγμάτων.

Τα σημεία δειγματοληψίας φαίνονται κατά προσέγγιση στους εδαφολογικούς χάρτες του παραρτήματος. Να τονιστεί πάλι στο σημείο αυτό, πως οι συγκρίσεις που γίνονται στο κεφάλαιο 'Παρουσίαση Αποτελεσμάτων' δεν έγιναν με τα δεδομένα των σχημάτων 6, 7 αλλά με αυτά των εδαφολογικών χαρτών, αναφορά στους οποίους πραγματοποιήθηκε στην αρχή αυτής της μελέτης.

Στη παρούσα μελέτη έγινε προσπάθεια να ληφθούν, όσο το δυνατό, αντιπροσωπευτικότερα δείγματα από τη περιοχή της αποξηραμένης λίμνης Κάρλας. Τα δείγματα ελήφθησαν από βάθη 0-30 cm και 30-60cm. Αποφεύχθηκαν σημεία όπως πλαγιές λόφων, ρυάκια, κοντινά σε δρόμους, για αποφυγή σφαλμάτων κατά τις αναλύσεις. Ακολουθήθηκε η κλασσική μέθοδος. Τα εδαφικά δείγματα, ποσότητας 2 περίπου Kgr, τοποθετήθηκαν σε ειδικές σακούλες πλαστικού με ταμπέλες, στις οποίες αναγράφηκαν στοιχεία όπως βάθος και αριθμός τομής. Ταυτόχρονα οι τομές σημειώνονταν στον εδαφολογικό χάρτη της περιοχής. Η λήψη των εδαφικών δειγμάτων πραγματοποιήθηκε το Νοέμβρη του 1997 μετά τις πρώτες βροχές, γεγονός που καθίστησε τη λήψη των δειγμάτων πιο εύκολη.

Η ξήρανση των δειγμάτων έλαβε χώρα σε πάγκους στο εργαστήριο. Η χρονική διάρκεια της ξήρανσης κυμάνθηκε από 4 ημέρες μέχρι 2 εβδομάδες. Αυτό συνέβη εξαιτίας της διαφορετικής μηχανικής σύστασης του εδάφους καθώς επίσης και του διαφορετικού

ποσοστού υγρασίας. Έτσι δείγματα που ελήφθησαν από περιοχές με αμμώδη - αμμωπηλώδη σύσταση ξηράθηκαν πολύ συντομότερα από αυτά αργιλώδους και αργιλοπηλώδους σύστασης.



### 3.3 ΤΕΜΑΧΙΣΜΟΣ- ΚΟΝΙΟΠΟΙΗΣΗ

Η επόμενη διαδικασία ήταν ο τεμαχισμός, η θραύση των ορυκτών της αργίλου. Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια γουδιών από πορσελάνη ή από κατάλληλα μέταλλα. Υπάρχουν επίσης ειδικοί αυτοματοποιημένοι μύλοι που ‘αλέθουν’ το χώμα. Το εργαστήριο Εδαφολογίας του Π.Θ. είναι εφοδιασμένο με μύλο αυτού του τύπου. Κατά την τριβή των δειγμάτων επιδείχθηκε μεγάλη προσοχή κι αυτό γιατί πρέπει να αποφεύγεται η θραύση τεμαχιδίων πετρωμάτων, ανθρακικού ασβεστίου, κογχυλιών κ.λ.π. Τα παραπάνω υλικά απομακρύνονται κατά τη διάρκεια της εργασίας. Αντίθετα, σε περιπτώσεις που απαιτείται η γνώση του συνόλου του υπάρχοντος ανθρακικού ασβεστίου, η κονιοποίηση των ασβεστολιθικών τεμαχιδίων, επιβάλλεται.

### 3.4 ΚΟΣΚΙΝΙΣΗ

Μετά την κονιοποίηση του εδαφικού δείγματος ακολούθησε η κοσκίνιση αυτού με κόσκινο κυκλικών οπών διαμέτρου 2mm. Τα συγκρατούμενα στερεά συστατικά του εδάφους απορρίφθηκαν. Αντίθετα τα, διερχόμενα του κόσκινου στερεά συστατικά συγκεντρώθηκαν. Τα τεμαχίδια αυτά έχουν διαστάσεις μικρότερες των 2mm και χαρακτηρίζονται ως “αεροξηραθέν έδαφος” ή ως “αερξηραθείσα λεπτή γη” (Αλεξιάδης, 1980).

## 3.5 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

### 3.5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Με τη μηχανική ανάλυση ή με την κοκκομετρική ανάλυση προσδιορίζεται η κατανομή των διαφόρου μεγέθους ανόργανων στερεών τεμαχιδίων του εδάφους. Το στοιχείο αυτό είναι θεμελιώδες για την εκτίμηση ενός εδάφους και απαραίτητο για μελέτες που αφορούν στην ταξινόμηση, μορφολογία και εδαφογένεση των εδαφών. Η στερεά φάση του εδάφους δε συνίσταται μόνον από πρωτογενείς μονάδες, αλλά και από δευτερογενή τεμαχίδια, τα οποία προήλθαν από τη συσσωμάτωση των πρωτογενών. Γι' αυτό το λόγο, πριν τη μηχανική ανάλυση, απαιτείται προκατεργασία του εδάφους προς καταστροφή με διαμερισμό των συσσωματωμάτων, όπως προαναφέρθηκε. Η μηχανική σύσταση ενός εδάφους, αναφέρεται στις αναλογίες άμμου, ιλύος και αργίλλου κόκκων του εδάφους, που έχουν διάμετρο μικρότερη των 2 mm. Οι κόκκοι του εδάφους, ανάλογα με τις διαστάσεις τους, κατατάσσονται σε διάφορες κατηγορίες και τούτο ανεξάρτητα της χημικής και ορυκτολογικής συστάσεώς τους.

Οι κατηγορίες αυτές των κόκκων του εδάφους, ονομάζονται μηχανικά κλάσματα του εδάφους. Τα μηχανικά κλάσματα του εδάφους, περιγράφονται ως κατωτέρω:

Άμμος με διάμετρο  $> 0,005$  mm,

Ιλύς με διάμετρο  $0,05-0,002$  mm,

Άργιλος με διάμετρο  $< 0,002$  mm.

Η διαδικασία προσδιορισμού της εκατοστιαίας αναλογίας των μηχανικών κλασμάτων, καλείται μηχανική ανάλυση του εδάφους.

### 3.5.2 ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΛΑΣΜΑΤΩΝ

Η ορυκτολογική σύσταση των μηχανικών κλασμάτων είναι διάφορη. Τα χονδρόκοκκα κλάσματα της άμμου αποτελούνται από θραύσματα πετρωμάτων και ορυκτών, ενώ τα λεπτόκοκκα της ιλύς, προέρχονται κυρίως από πρωτογενή ορυκτά.

Η ορυκτολογική σύνθεση αυτών, εξαρτάται κυρίως εκ του μητρικού υλικού (πετρώματος), εκ του οποίου προήλθαν τα εδαφικά υλικά, όπως επίσης και από τις μεταβολές που υπέστησαν εκ της δράσεως των λοιπών παραγόντων της εδαφογένεσης.

Η άργιλος αποτελείται από δευτερογενής κυρίως αργιλοπυριτικά ορυκτά και από άμορφα οξείδια του πυριτίου, αργιλίου και σιδήρου. Τα κλάσματα της άμμου και της ιλύος, είναι χημικά αδρανή και θεωρούνται ότι αποτελούν το σκελετό του εδάφους. Τα ορυκτά της αργίλου, έχουν μεγάλη επιφάνεια, φέρουν αρνητικά ηλεκτρικά φορτία και ενεργούν ως ιοντο-εναλλάκτες, με αποτέλεσμα την εναποθήκευση θρεπτικών στοιχείων, τα οποία αποδίδονται στα φυτά.

### 3.5.3 ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Όπως προαναφέρθηκε από κάθε μηχανική ανάλυση του εδάφους είναι απαραίτητο να διαχωριστούν τα κλάσματα της μηχανικής σύστασης του εδάφους. Όταν τα εδάφη είναι πλούσια σε οργανική ουσία χρησιμοποιούμε υπεροξείδιο του υδρογόνου ( $H_2O_2$ ) για την καταστροφή της οργανικής ουσίας. Η οργανική ουσία συνενώνει τα μηχανικά κλάσματα του εδάφους και παρεμποδίζει τη διασπορά. Στην περίπτωση της μηχανικής ανάλυσης του εδάφους επιθυμούμε να προσδιορίσουμε τα ποσοστά των μηχανικών κλασμάτων.

Στη συνέχεια καταβάλλεται προσπάθεια διασποράς του εδάφους με διάφορα χημικά αντιδραστήρια. Για το σκοπό αυτό σε ένα λίτρο απεσταγμένο νερό διαλύονται 50 g μεταφωσφορικό νάτριο και 7 g άνυδρο ανθρακικό νάτριο. Το

έδαφος υφίσταται κατεργασία με το ανωτέρω διάλυμα.

Η προσθήκη του ανωτέρω διαλύματος αποβλέπει:

1. Στην αύξηση του εναλλακτικού νατρίου στο έδαφος προκειμένου να επιτευχθεί απώθηση μεταξύ των εδαφικών σωματιδίων.

2. Με την προσθήκη του μεταφωσφορικού νατρίου, το μεταφωσφορικό νάτριο προσροφάται στις θετικά φορτισμένες επιφάνειες των οξειδίων του αργιλίου του εδάφους και του καολινίτη με αποτέλεσμα να παρεμποδίζεται η έλξη του από την άργιλο που φέρει αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο.

3. Με την προσθήκη ανθρακικών αυξάνεται το pH του διαλύματος με αποτέλεσμα την απομάκρυνση των θετικών φορτίων.

Οι εργαστηριακοί μέθοδοι προσδιορισμού των μηχανικών κλασμάτων του εδάφους στηρίζονται άμεσα ή έμμεσα στην ταχύτητα πτώσεως των κλασμάτων (θεωρούμενα σφαιρικού σχήματος) αυτών σε ένα ομοιογενές εδαφικό αιώρημα.

Η ταχύτητα πτώσεως των σφαιρικών σωματιδίων δίνεται από το νόμο του Stokes. Σύμφωνα με το νόμο αυτό η ταχύτητα πτώσεως είναι ανάλογη του τετραγώνου της διαμέτρου των σωματιδίων. Ο αναλυτικός τύπος του νόμου του Stokes έχει ως εξής:

$$V = 2 g r^2 (p_s - p_l) / q_n$$

όπου

V: η ταχύτητα πτώσεως των σωματιδίων ( $\text{ms}^{-1}$ )

r: η ακτίνα των σωματιδίων (m)

g: η επιτάχυνση της βαρύτητας ( $9,81 \text{ N Kg}^{-1}$ )

$p_s$ : η πυκνότητα των σωματιδίων ( $2600 \text{ Kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )

$p_l$ : η πυκνότητα του υγρού αιώρησης ( $998 \text{ Kg} \cdot \text{m}^{-3}$  στους  $20^\circ\text{C}$  για το νερό)

n : ο συντελεστής ιξώδους του υγρού αιώρηματος ( $1.002 \times 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{sec} \cdot \text{m}^{-2}$  στους  $20^\circ\text{C}$  του νερού)

### 3.5.4 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΤΑ Γ. ΒΟΥΓΙΟΥΚΟΥ

#### 3.5.4α Αντιδραστήρια:

Μεταφωσφορικό Νάτριο ( $\text{NaPO}_4$ )<sub>6</sub>. Διαλύουμε 50 gr 6-μετα-φωσφορικό με 7 gr άνυδρο ανθρακικό νάτριο σε 1 lt απεσταγμένο νερό.

#### 3.5.4β Όργανα:

- Υάλινοι κύλινδροι ύψους 47cm και εσωτερικής διαμέτρου 6,5 cm με χαραγή στα 1130 ml.
- Ηλεκτρικός αναδευτήρας πολύστροφος (περίπου 9.000 στροφές το λεπτό)
- Αναδευτήρας αναταράξεως δείγματος εντός του κυλίνδρου δια της χειρός
- Θερμόμετρο
- Υάλινα ποτήρια ζέσεως 600ml
- Ειδικό πυκνόμετρο Βουγιούκου
- Χρονόμετρο
- Ράβδοι ανάδευσης
- Σιφώνια των 20ml

#### 3.5.4γ Μέθοδος

Ζυγίζονται ( $50 + \frac{1}{2}$  Υγρασία %) γραμμάρια αεροξηραθέντος εδάφους, ή 50 g ξηρού εδάφους ( $105^\circ\text{C}$  για 24h), και τοποθετούνται σε ποτήρι 600 ml. Προσθέτονται 50 ml του διαλύματος του διασπορικού και συμπληρώνουμε με νερό μέχρι τα 500 ml. Αναδεύουμε με μία ράβδο και αφήνουμε το δείγμα για 24 h. Στη συνέχεια μεταφέρουμε το περιεχόμενο στο δοχείο αναταράξεως της συσκευής Βουγιούκου. Τοποθετείται το δοχείο στη συσκευή αναταράξεως και αναταράσσεται το περιεχόμενο επί 15 λεπτά (συνήθη εδάφη) ή ως 30 λεπτά (αργιλώδη).

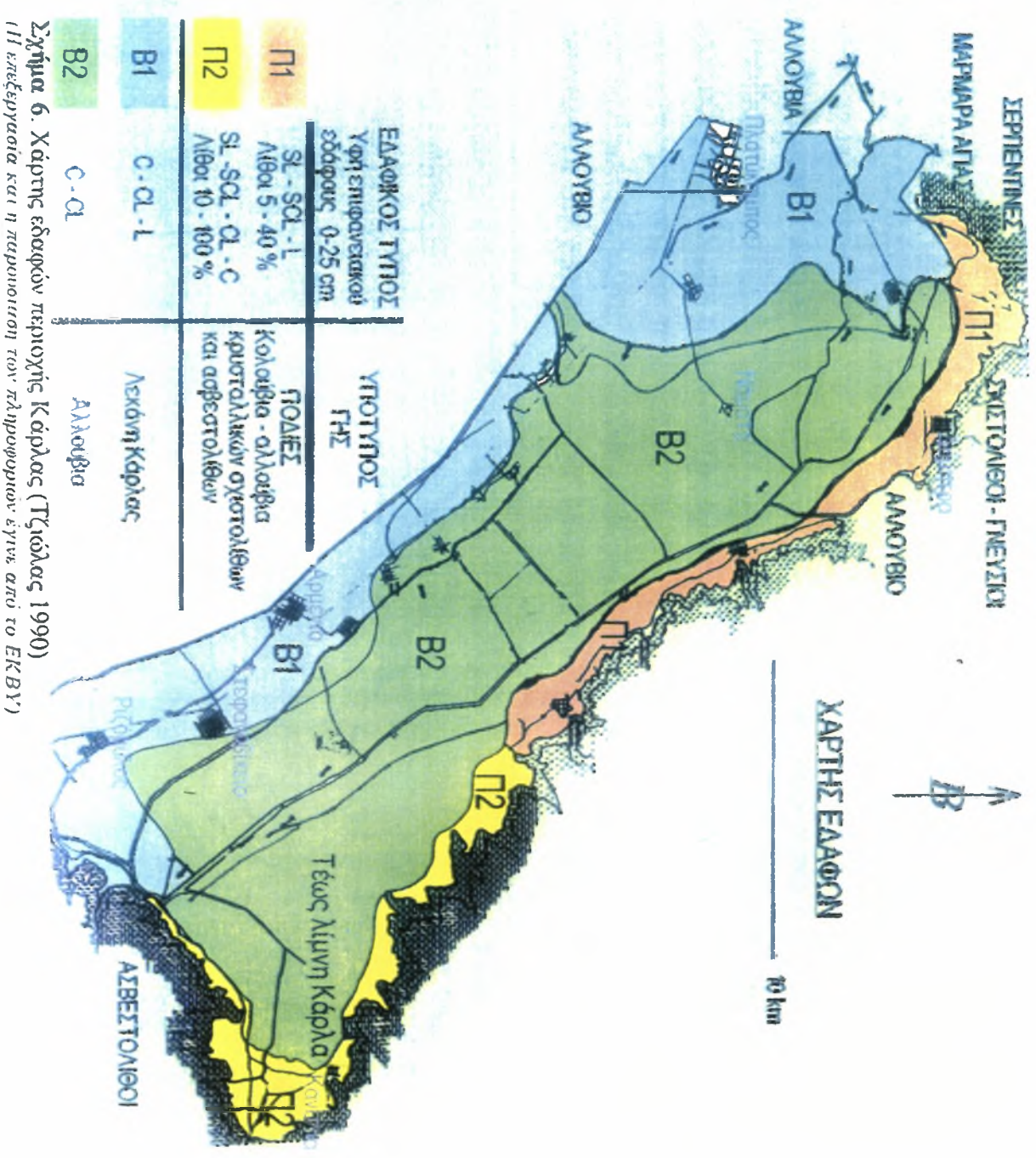
Μετά την ανακίνηση μεταφέρεται το αιώρημα σε υάλινο κύλινδρο ύψους 47 cm και συμπληρώνεται με απεσταγμένο νερό μέχρι τη χαραγή των 1130 ml. Αναδεύεται το αιώρημα δι' επανειλημμένων αναστροφών του κυλίνδρου μέχρις ομοιογενοποίησης του αιωρήματος και αφήνεται σε ηρεμία, ενώ συγχρόνως μετριέται ο χρόνος από την έναρξη της ηρεμίας και συνέχεια. Μετά το πέρασμα 30΄ στο υγρό εισάγεται το υδρόμετρο Βουγιούκου (ειδικό πυκνόμετρο) και στα 40΄ σημειώνεται η ένδειξη του πυκνομέτρου. Μετά την πυκνομέτρηση το υγρό θερμομετρείται και σημειώνεται η αντίστοιχη θερμοκρασία στην αντίστοιχη πυκνομέτρηση.

### 3.5.4δ Υπολογισμοί

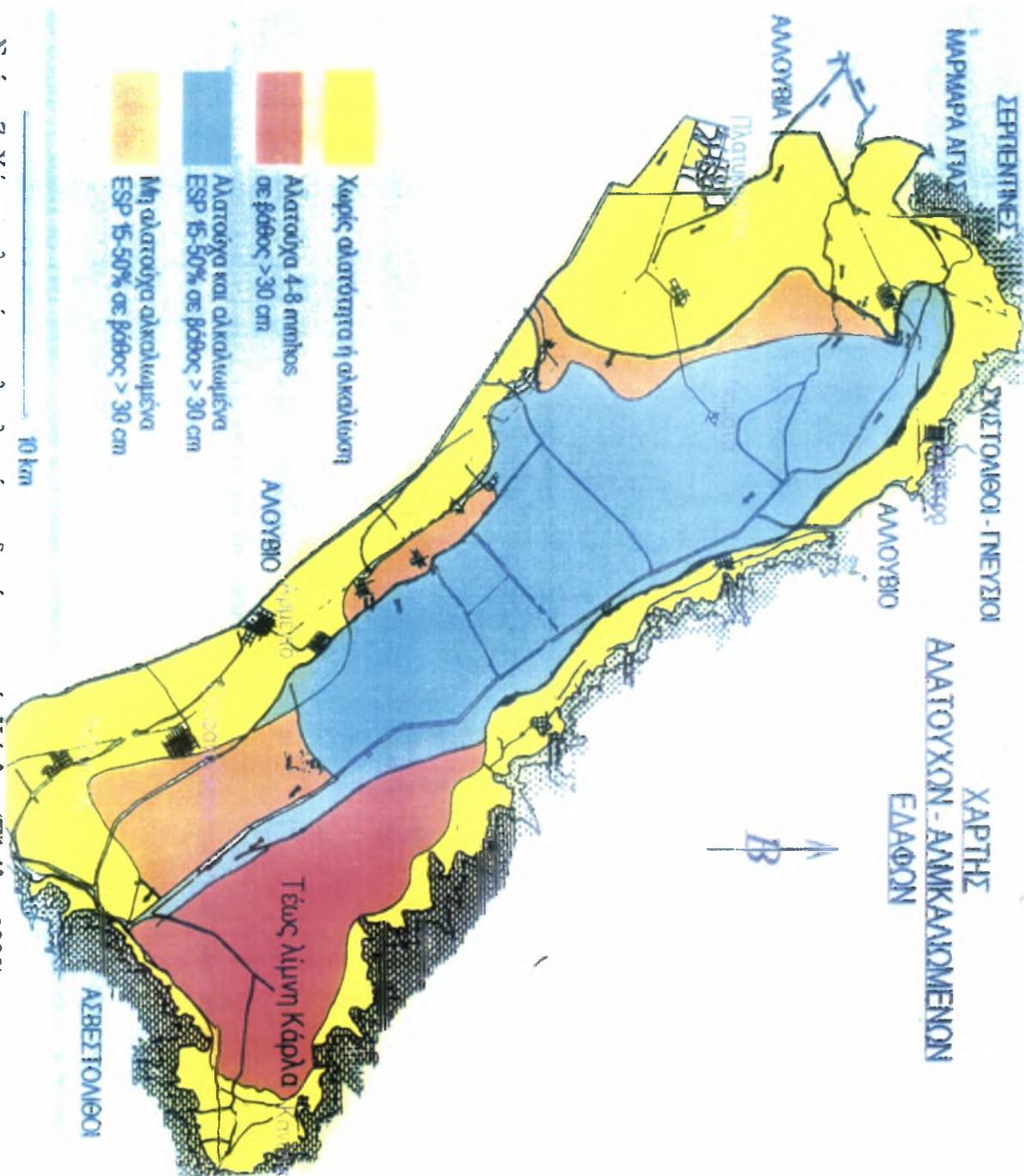
Για τον υπολογισμό του ποσοστού επί τοις εκατό της άμμου χρησιμοποιείται ο τύπος  $100-(A+\Delta)*100/50$  όπου A είναι η πρώτη ένδειξη και Δ η διόρθωση σύμφωνα με συγκεκριμένους πίνακες. Για την άργιλο χρησιμοποιείται ο τύπος  $(A_2+\Delta)*100/50$  όπου  $A_2$  είναι η δεύτερη ένδειξη και Δ η διόρθωση. Για να λάβουν χώρα οι διορθώσεις αυτές οι σημειωθείσες θερμοκρασίες °C μετατρέπονται σε αντίστοιχους ° F με τον τύπο  $\frac{^{\circ}\text{C}}{F-32}=\frac{5}{9}$ . Αν αυτές είναι μεγαλύτερες των 67°F προστίθενται στην αντίστοιχη ένδειξη του πυκνόμετρου 0,2 για κάθε επιπλέον βαθμό °F. Αφαιρούνται 0,2 για κάθε βαθμό όταν οι θερμοκρασίες είναι μικρότερες των 67°C.

Στη συνέχεια, αφού έχουν υπολογισθεί τα % της αργίλου, της άμμου και της ιλύος με τη βοήθεια του τριγωνικού διαγράμματος «Προσδιορισμού της μηχανικής ανάλυσης των εδαφών κατά USDA», εκτιμούμε τον τύπο εδάφους του υπό εξέταση δείγματός μας.



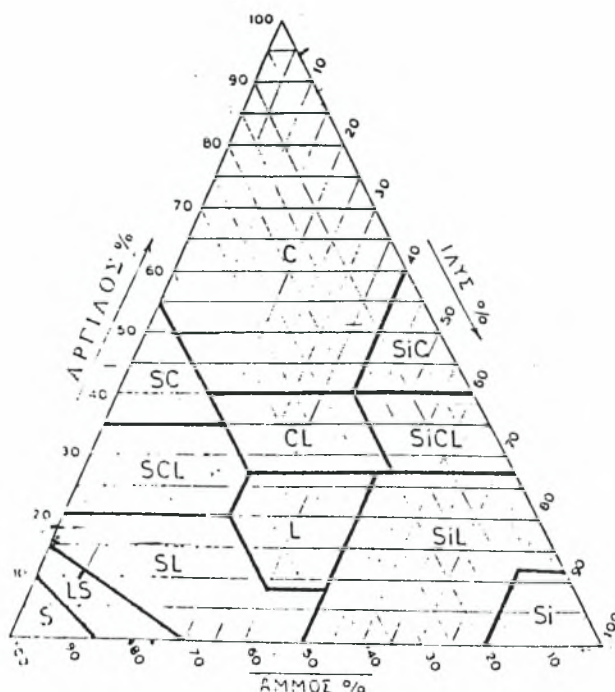


Σχήμα 6. Χάρτης εδαφών περιοχής Κάρδιας (Τζιόλας 1990)  
(Η επεξεργασία και η παρουσίαση των πληροφοριών έγινε από το ΕΚΒΥ)



**Σχήμα 7.** Χάρτης αλατούχων-αλκαλιωμένων εδαφών περιοχής Κάρλας (Τζιβάλας 1990)  
(Η επεξεργασία και η παρουσίαση των πληροφοριών έγινε από το ΕΚΒΥ)

**ΤΡΙΓΩΝΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ**  
**ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ**  
**ΕΔΑΦΩΝ ΚΑΤΑ USA**



1. Αμμώδες	S	Sand	Αμμώδη εδάφη	Χονδρόκοκκα εδάφη
2. Πηλοαμμώδες	LS	Loamy sand	>>	>>
3. Αμμοπηλώδες	SL	Sandy loam	Πηλώδη εδάφη	>>
4. Πηλώδες	L	Loam	>>	Μετρίως χονδρόκοκκα εδάφη
5. Ιλυοπηλώδες	SIL	Silty loam	>>	Μέσης σύστασης εδάφη
6. Ιλυώδες	SI	Silt	>>	>>
7. Αμμοαργιλοπηλώδες	SCL	Sandy clay loam	>>	Μετρίως λεπτόκοκκα εδάφη
8. Αργιλοπηλώδες	CL	Clay loam	>>	>>
9. Ιλυοαργιλοπηλώδες	SILCL	Silty clay loam	>>	>>
10. Αμμοαργιλώδες	SC	Sandy clay	Αργιλλώδη εδάφη	Λεπτόκοκκα εδάφη
11. Ιλυοαργιλώδες	SiC	Silty clay	>>	>>
12. Αργιλώδες	C	Clay	>>	>>



## 3.6 ΤΟ pH ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

### 3.6.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το  $pH$  δίνει μια εικόνα της οξύτητας του εδάφους. Το  $pH$  των διαλυμάτων εξαρτάται από τη συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου. Στα εδάφη όμως το  $pH$  δεν αντιπροσωπεύει τη συγκέντρωση μόνο των ιόντων υδρογόνου, στο εδαφικό διάλυμα, αλλά επηρεάζεται από το είδος και την ποσότητα των υπαρχόντων εναλλακτικών κατιόντων. Επίσης στο  $pH$  των εδαφών επιδρούν οι παράγοντες: α) Σύσταση και συγκέντρωση των υδατοδιαλυτών αλάτων, συμπεριλαμβανομένου και αυτά του διοξειδίου του άνθρακα, β) Η παρουσία ή απουσία γύψου και επίσης των ανθρακικών αλάτων των αλκαλικών γαιών ( $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ). Εδώ σημειώνεται ότι το  $pH$  δε συμβάλλει στο προσδιορισμό των ποσοτήτων ασβεστίου, που απαιτούνται να προστεθούν στο όξινο έδαφος, για να ανυψωθεί το  $pH$  του εδάφους αυτού. Κι αυτό γιατί τα διάφορα εδάφη διαφέρουν ως προς τη ρυθμιστική τους ικανότητα.

Το  $pH$  ενός διαλύματος ορίζεται από τη σχέση:  $pH = -\log(H^+)$  όπου  $(H^+) = \gamma[H^+]$ ,  $\gamma$  είναι ο συντελεστής ενεργότητας του  $H^+$  και  $[H^+]$  είναι η συγκέντρωση ιόντων  $H^+$  σε  $mol/l$  (Μήτσιος, 1994). Κατά τη μέτρηση του  $pH$ , θεωρείται σαν  $pH$  του εδάφους το  $pH$  του εδαφικού διαλύματος.

### 3.6.2 ΑΡΧΗ ΜΕΘΟΔΟΥ

Στη μέθοδο μέτρηση του  $pH$  πάστας, ο προσδιορισμός γίνεται με τη βοήθεια πεχαμέτρου που είναι εφοδιασμένο με ενδεικτικό ηλεκτρόδιο υάλου και αισθητήριο θερμοκρασίας. Επομένως το  $pH$  προσδιορίζεται βάσει του τύπου:

$pH = E - K/0,0001982 \cdot T$  όπου  $E$ : Η.Ε.Δ. σε Volt που παράγει στο σύστημα:

$Ag, AgCl/HCl/ύαλος/δείγμα/KCl/Hg/Hg_2Cl_2$ .  $K$ : σταθερά σε Volt της υάλου.  $T$ : η θερμοκρασία (Παξινός, 1967).

### 3.6.2α Αντιδραστήρια

<i>Buffer PH 7,02 :</i>	Έτοιμο Διάλυμα προμηθευόμενο από την
<i>CRISON με Cat.N<sup>ο</sup>.23-111-02.</i>	
<i>Buffer PH 4,00 :</i>	Έτοιμο Διάλυμα προμηθευόμενο από την
<i>CRISON με Cat.N<sup>ο</sup>.23-111-02.</i>	
<i>Buffer PH 9,26 :</i>	Έτοιμο Διάλυμα προμηθευόμενο από την
<i>CRISON με Cat.N<sup>ο</sup>.23-111-02.</i>	
Ηλεκτρολύτης <i>KCl 3M+AgCl:</i>	Έτοιμο Διάλυμα προμηθευόμενο από την
<i>CRISON με Cat.N<sup>ο</sup>.23-111-02.</i>	

### 3.6.2β Όργανα

Πεχάμετρο *CRISON microPH 2002*

### 3.6.2γ Βαθμονόμηση

Η βαθμονόμηση γίνεται πριν από μετρήσεις και αν αυτές είναι πολλές επαναλαμβάνεται κάθε 2-3 ώρες. Το *CRISON* αυτοβαθμονομείται δεδομένου ότι έχει αποθηκευμένο στην μνήμη του ένα πίνακα με τις τιμές *pH* των *buffer* με διάφορες θερμοκρασίες (Πίνακας 1). Ενεργοποιώντας επομένως τη διαδικασία «*calibration*» αν το *pH* του δείγματος είναι μικρότερο του 7 βαθμονομείται με τα *buffers pH 7,02* και *4,00* ενώ αν το *pH* του δείγματος είναι μεγαλύτερο του 7 βαθμονομείται με τα *buffers pH 7,02* και *9,26* ξεπλένοντας το ηλεκτρόδιο πριν από κάθε εμβάπτιση σε *buffer*.



**Πίνακας 1:** Πίνακας τιμών *pH* των *Buffers* σε σχέση με την θερμοκρασία

°C	<i>PH</i>			
0	2,03	4,01	7,12	9,25
10	2,01	4,00	7,06	9,38
20	2,00	4,00	7,02	9,26
25	2,00	4,01	7,00	9,21
30	1,99	4,02	6,99	9,16
40	1,98	4,03	6,97	9,06
50	1,98	4,06	6,97	8,99
60	1,98	4,10	6,98	8,93
70	1,99	4,16	7,00	8,88
80	2,00	4,22	7,04	8,83
90	2,00	4,30	7,09	8,79

3.6.2δ Μέτρηση

Το ηλεκτρόδιο του πεχαμέτρου το ξεπλένουμε με το δείγμα, και σημειώνουμε την ένδειξη του πεχαμέτρου (η ένδειξη του οργάνου είναι ανηγμένη στους 25°C), ενεργοποιώντας την διαδικασία μέτρησης. Στη συγκεκριμένη μελέτη το *pH* μετρήθηκε 2 φορές. Μία φορά στην πάστα ισορροπίας και μία φορά στο εκχύλισμα της εδαφικής πάστας. Η δημιουργία της πάστας έγινε ως εξής: Τοποθετήθηκαν 200 *gr* εδάφους σε ποτήρι ζέσεως των 500 *ml*. Με μια προχοϊδα σιγά - σιγά, και με ταυτόχρονη ανάδευση, με υάλινη ράβδο προστέθηκε αποσταγμένο νερό. Θεωρητικά το νερό της βροχής είναι απεσταγμένο ή αραιό ανθρακικό οξύ. Το σημείο κορεσμού είναι περισσότερο ζήτημα εμπειρίας να εντοπιστεί. Στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται πρακτικά ως εξής: τη στιγμή που το αυλάκι αρχίζει να ιδρώνει - δακρύζει. Η πάστα έμεινε για 24 ώρες σε περιβάλλον κορεσμένο με υγρασία (σε διυγραντήρα), έτσι ώστε να επέλθει ισορροπία στο εδαφικό δείγμα. Μετά την παρέλευση του ανωτέρου χρονικού διαστήματος το δείγμα οδηγήθηκε σε ειδικούς φυγοκεντρικούς σωλήνες.

Ακολούθησε φυγοκέντρωση για 15-30 λεπτά της ώρας. Το εκχύλισμα παραλήφθηκε και αφού υπέστη διήθηση χρησιμοποιήθηκε για τη 2η μέτρηση του  $pH$ .

Πρέπει εδώ να σημειωθεί πως στο ίδιο διήθημα, το οποίο φυλάχθηκε στο ψυγείο μετρήθηκαν επίσης τα υδατοδιαλυτά ιόντα νατρίου, μαγνησίου, ασβεστίου, με τη μέθοδο της φλόγας στην Ατομική Απορρόφηση.

## 3.7 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ

### 3.7.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων στο έδαφος προσδιορίζεται με μεθόδους βασισμένες στην ικανότητα των αλάτων να συμπεριφέρονται στο εδαφικό διάλυμα, ως καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού. Εργαστηριακές μετρήσεις της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στο εκχύλισμα κορεσμού του εδάφους έδειξαν, ότι η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι ένας αξιόπιστος δείκτης της συγκέντρωσης των διαλυτών αλάτων στο έδαφος. Για πολλούς πρακτικούς λόγους η αλατότητα εκφράζεται ως ηλεκτρικής αγωγιμότητα σε μονάδες *decisiemens* ανά μέτρο στους 25°C (*dS/m*).

### 3.7.2 ΜΕΘΟΔΟΣ

Στη συγκεκριμένη μελέτη μετρήθηκε η ηλεκτρική αγωγιμότητα στο εδαφικό εκχύλισμα της πάστας κορεσμού με τη χρήση ηλεκτρικού αγωγιμομέτρου *Microprocessor Conductivity Metre LF196* σε  $\mu\text{S/cm}$  και  $\text{mS/cm}$ .

Το όργανο δίνει τις μετρήσεις σε  $\mu\text{S/cm}$  και σε  $\text{mS/cm}$  Αυτές μετατράπηκαν σε  $\text{dS/m}$  για την παρουσίαση στους πίνακες των αποτελεσμάτων και εν συνεχεία τη σύγκριση με τα ήδη υπάρχοντα δεδομένα, στα οποία η ηλεκτρική αγωγιμότητα μετράται σε  $\text{dS/m}$ .

### 3.8 ΜΕΤΡΗΣΗ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ

#### 3.8.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ως οργανική ουσία εδάφους ορίζεται το οργανικό κλάσμα του εδάφους, το οποίο περιλαμβάνει τα φυτικά, ζωικά και μικροβιακά υπολείμματα σε όλα τα στάδια της αποσύνθεσης τους καθώς και τον σχετικά ανθεκτικό εδαφικό χούμο.

Η % Οργανική ουσία, (%Ο .ου.), εκφράζει τα gr της οργανικής ουσίας που περιέχονται σε 100 g ξηρού εδάφους.

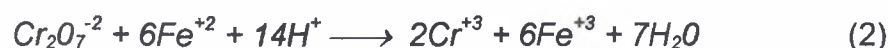
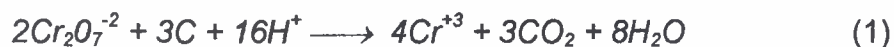
#### 3.8.2 ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Ο προσδιορισμός της %Ο.ου. στηρίζεται στον προσδιορισμό του % Οργανικού άνθρακα, %Ο.α., και ακολούθως τον υπολογισμό της βάσει του τύπου:

$$\%Ο.ου. = 1,724 \cdot (\%Ο.α.)$$

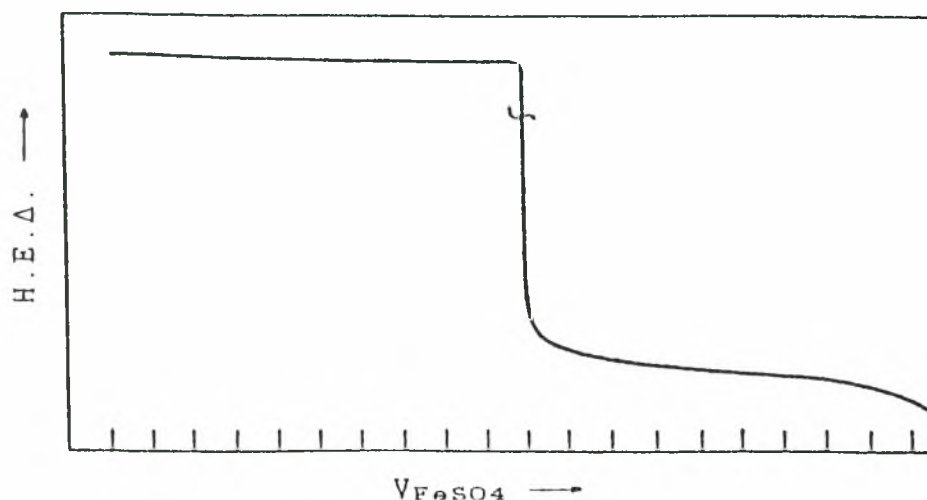
Ο συντελεστής 1,724 προκύπτει θεωρώντας ότι η οργανική ουσία των εδαφών περιέχει κατά μέσον όρο 58% άνθρακα.

Ο προσδιορισμός του %Ο.α. στηρίζεται στην οξειδοαναγωγική οπισθογκομέτρηση των  $Cr_2O_7^{-2}$ , τα οποία δεν ανήχθηκαν από τον οργανικό άνθρακα, με τιτλοδότη διάλυμα  $FeSO_4$  και περιγράφεται από τις παρακάτω αντιδράσεις:



Το τελικό σημείο (2) αντιστοιχεί στο απότομο σημείο καμπής της καμπύλης τιτλοδότησης της Η.Ε.Δ. συναρτήσεως του  $V_{FeSO_4}$ , όπως φαίνεται στο διάγραμμα 1., και προσδιορίζεται παρουσία δείκτη διφαινυλαμίνης.





Διάγραμμα 1. Καμπύλη τιτλοδότησης της Η.Ε.Δ. συνάρτηση του  $V_{\text{FeSO}_4}$ .

Δεδομένου ότι κατά μέσον όρο αντιδρά μόνον το 77% του ολικού οργανικού άνθρακα (βλέπε αντίδραση (1)), είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση του συντελεστή διόρθωσης 1, 3.

Επομένως η σχέση (1) διορθώνεται στην ακόλουθη:

$$\%0.ou. = 1,724 \cdot 1,3 \cdot (\%0.α.) \Rightarrow \%0.ou. = 2,2412 \cdot (\%0.α.)$$

### 3.8.3 Μέθοδος

#### 3.8.3α Αντιδραστήρια

- Πρότυπο διάλυμα  $K_2Cr_2O_7$  1N.
- Πρότυπος τιτλοδότης, διάλυμα  $FeSO_4$  0,5N.
- Δείκτης διφαινυλαμίνης.

### 3.8.3β Πορεία

Ζυγίζουμε επακριβώς 0,2-1,0g αεροξηραθέντος εδάφους, που έχει λειοτριβηθεί και κοσκινισθεί με κόσκινο διαμέτρου 0,5mm, το μεταφέρουμε σε ευρύλαιμη κωνική φιάλη των 500ml, προσθέτουμε με σιφώνι ακριβώς 10ml διαλύματος  $K_2Cr_2O_7$  1N και ανακινούμε προσεκτικά μέχρι πλήρους διασποράς του δείγματος στο διάλυμα. Στη συνέχεια προσθέτουμε 20ml π. $H_2SO_4$ , ανακινούμε επί 1 min και αφήνουμε το δείγμα σε ηρεμία επί 30 min. Τέλος προσθέτουμε 200ml νερό περίπου, 10ml π.  $H_3PO_4$ , 1ml δείκτη διφαινυλαμίνης και ογκομετρούμε την περίσσεια του  $K_2Cr_2O_7$  με τον πρότυπο τιτλοδότη, διάλυμα  $FeSO_4$  0,5N, μέχρις αλλαγής του χρώματος του δείκτη από μπλε σε πράσινο. Παράλληλα εκτελείται λευκός προσδιορισμός της κανονικότητας του πρότυπου τιτλοδότη. Εάν έχουν αναχθεί από τον οργανικό άνθρακα >75% των  $Cr_2O_7^{2-}$ , τότε, επαναλαμβάνεται ο προσδιορισμός χρησιμοποιώντας μικρότερη ποσότητα δείγματος.

### 3.8.3γ Υπολογισμοί

Η %Ο.ου. υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\%O.ou. (gr\ O.ou./100g\ ξηρού\ δείγματος) = \frac{0,067 \cdot (100 + \%H_2O) \cdot (T - A)}{T \cdot Wae}$$

όπου:

T= ml τιτλοδότη που καταναλώθηκαν για τον λευκό προσδιορισμό.

A= ml τιτλοδότη που καταναλώθηκαν για το δείγμα.

% $H_2O$  = υγρασία του δείγματος.

Wae = g αεροξηραθέντος δείγματος.

### 3.9 ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΣΒΕΣΤΙΟ

#### 3.9.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ως επί τοις εκατό ανθρακικό ασβέστιο, %  $\text{CaCO}_3$ , ορίζεται το σύνολο των ανθρακικών αλάτων που περιέχονται σε 100 gr ξηρού εδάφους, εκφρασμένο σε g  $\text{CaCO}_3$ . Η περιεκτικότητα των εδαφών σε ανθρακικό ασβέστιο κυμαίνεται από ιχνών μέχρι και 70% του συνόλου της εδαφικής μάζας. Το ανθρακικό ασβέστιο είναι δυνατόν να βρίσκεται σ' όλα τα μηχανικά κλάσματα του εδάφους (άμμος, ιλύς, άργιλος), σε ποσότητες οι οποίες διαφέρουν μεταξύ τους από κλάσμα σε κλάσμα.

#### 3.9.2 ΑΡΧΗ ΜΕΘΟΔΟΥ



Ο προσδιορισμός του επί τοις εκατό ανθρακικού ασβεστίου στηρίζεται στην στα ανθρακικά άλατα του εδάφους και περιγράφεται από κατάλληλη συλλογή και ογκομέτρηση του εκλυόμενου  $\text{CO}_2$ , το οποίο παράγεται κατά την επίδραση διαλύματος υδροχλωρικού οξέως την παρακάτω αντίδραση:



##### 3.9.2α Αντιδραστήρια

- α) Δείκτης *methylorange*.
- β) Διάλυμα πληρώσεως ασβεστομέτρου *Bernard*.
- γ) Διάλυμα  $\text{HCl}$  4N.

### 3.9.2β Όργανα

Ασβεστόμετρο *Bernard*.

### 3.9.2γ Μέθοδος

Ζυγίζονται επακριβώς 0,5-2,0g εδάφους και μεταφέρονται στην κωνική φιάλη της συσκευής *Bernard*. Στη συνέχεια γεμίζεται ο πλαστικός σωλήνας της συσκευής μέχρι τα 3/4 του ύψους του περιήπου με διάλυμα  $HCl$  4N και τοποθετείται προσεκτικά μέσα στην κωνική φιάλη με το ειδικό πώμα και μηδενίζεται η στάθμη του υγρού πληρώσεως. Με το αριστερό χέρι φέρεται το απιοειδές δοχείο της συσκευής δίπλα στη βαθμονομημένη στήλη έτσι ώστε η στάθμη του υγρού να βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο τόσο στο απιοειδές όσο και στη στήλη. Ταυτόχρονα ανακινείται η κωνική φιάλη, για να έλθει το διάλυμα  $HCl$  4N σε επαφή με το δείγμα, οπότε παράγεται διοξείδιο του άνθρακα. Το εκλυόμενο διοξείδιο του άνθρακα πιέζει το υγρό πληρώσεως της βαθμονομημένης στήλης, το οποίο κατέρχεται, ενώ συγχρόνως χαμηλώνεται και το απιοειδές δοχείο. Όταν σταματήσει η έκλυση του  $CO_2$  σημειώνεται η ένδειξη της στήλης.

### 3.9.2δ Βαθμονόμηση

Ο προσδιορισμός του συντελεστή διόρθωσης  $F_b$  του οργάνου γίνεται ως εξής: Ζυγίζουμε επακριβώς 0,1 gr  $CaCO_3$ , το οποίο έχει ξηραθεί στους 104 °C. Το μεταφέρουμε στην κωνική φιάλη της συσκευής *Bernard* και ακολουθούμε την ίδια διαδικασία που περιγράφηκε στην 6.2.3, οπότε:

$$fd = \frac{Watd * T}{1,22 * Vatd}$$

όπου  $Watd=gr$  ζυγισθέντος  $CaCO_3$

$T$ = θερμοκρασία μέτρησης σε  $^{\circ}K$

$Vatd=ml$  παραχθέντος  $CO_2$

### 3.9.2ε Υπολογισμοί

Το  $\%CaCO_3$  υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\%CaCO_3 (gCaCO_3/100g \text{ εδάφους}) = [1,22 \cdot V_c(100+\%H_2O)/T \cdot W_{ae}] \cdot F_b$$

όπου:

$V_{CO_2}$  :  $ml$  παραχθέντος διοξειδίου του άνθρακα

$\%H_2O$ : υγρασία του δείγματος

$F_b$ : συντελεστής διόρθωσης του οργάνου

$T$ : θερμοκρασία μέτρησης

$W_{ae}$ : =βάρος δείγματος



### 3.10. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟ ΝΑΤΡΙΟ

#### 3.10.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ως εναλλακτικό  $Na^+$ , ορίζεται το ποσοστό  $Na^+$  σε *meq* ανά 100 γραμμάρια ξηρού εδάφους, που μπορεί να εναλλάσσεται μεταξύ στερεής και υγρής φάσης ή μεταξύ στερεής και στερεής φάσης και βρίσκεται προσροφημένο στα ορυκτά της αργίλου (ανόργανα κολλοειδή) και στην οργανική ουσία (οργανικά κολλοειδή).

Ο προσδιορισμός του εναλλακτικού  $Na^+$  γίνεται υπολογιστικά αφαιρώντας την ποσότητα του υδατοδιαλυτού  $Na^+$ , από την προσδιοριζόμενη ποσότητα της εκχυλίσιμου  $Na^+$  και εκφράζεται σε *meq*  $Na^+ / 100\text{ gr}$  εδάφους. Ο προσδιορισμός του εκχυλίσιμου  $Na^+$  στηρίζεται στον κορεσμό του εδάφους με  $NH_4^+$ , οπότε επιτυγχάνεται εναλλαγή των υπαρχόντων  $Na^+$ .

Το δείγμα νεφελοποιείται σε φλόγα αέρα - βουτανίου οπότε εξατμιζόμενο οι ενώσεις του νατρίου ατομοποιούνται με αποτέλεσμα τα άτομα νατρίου που σχηματίζονται να εκπέμπουν ακτινοβολία, της οποίας η ένταση μετράται σε μήκος κύματος 589 nm.

#### 3.10.2 ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ

α)  $CH_3COOH$  παγόμορφο

β) Διάλυμα  $CH_3COONH_4$  1N, *pH* 7,0. Σ' αυτό το σημείο αναφέρεται ότι χρησιμοποιείται το  $CH_3COONH_4$  γιατί, εκτός ότι αντικαθιστά όλα τα κατιόντα στο έδαφος, απομακρύνεται ευκόλως από τα σύμπλοκα του εδάφους. Για την απομάκρυνσή του χρησιμοποιείται το  $CH_3COONa$ . Το *pH* των χρησιμοποιούμενων διαλυμάτων των αλάτων αυτών πρέπει να είναι, για το  $CH_3COONH_4$  - *pH* = 7, για το  $CH_3COONa$  - *pH* = 8,2. Αυτό γιατί σ' αυτά τα διαλύματα η διαλυτότητα των  $CaCO_3$ ,  $MgCO_3$  είναι μικρότερη, η παρουσία δε αυτών στο εκχύλισμα επιφέρει λάθη.

γ)  $\text{NH}_4\text{OH}$

δ) Σειρά *Standards*  $\text{Na}^+$ .

### 3.10.2α Μέθοδος κατασκευής των *Standards*

Από *stock* διάλυμα  $\text{Na}^+$  100 meq/l μεταφέρουμε 0, 3.5, 4.5, 7.5, 10, 15, 20, 25, 30, 32, 35, 40, 42 ml σε ογκομετρικές φιάλες των 100 ml και συμπληρώνουμε με απεσταγμένο νερό μέχρι όγκου. Τα *Standards* που προκύπτουν έχουν συγκεντρώσεις 0, 3.5, 4.5, 7.5, 10, 15, 20, 25, 30, 32, 35, 40, 42 meq/l αντίστοιχα. Ετοιμάζουμε βέβαια *standards* τέτοια ώστε να βρίσκονται οι συγκεντρώσεις κοντά στις συγκεντρώσεις των δειγμάτων μας.

### 3.10.2β Όργανα

α) Φλογοφωτόμετρο *Sherwood* 410

### 3.10.2γ Βαθμονόμηση

Η βαθμονόμηση του φλογοφωτομέτρου γίνεται με τα *standards* που έχουν προαναφερθεί. Ρυθμίζεται πρώτα το μηδέν την κλίμακας του οργάνου με το blank και στη συνέχεια το 100 της κλίμακας με το πυκνότερο *standard*. Ακολούθως μετρούνται τα υπόλοιπα *standards* αρχίζοντας από το αραιότερο και κατασκευάζεται καμπύλη συγκέντρωσης - ένδειξης οργάνου. Η καμπύλη θα πρέπει να προσεγγίζει όσο το δυνατό περισσότερο την ευθεία.

### 3.10.3 ΜΕΘΟΔΟΣ

Ζυγίζονται 5,0 gr εδάφους σε σωλήνα φυγοκέντρωσης των 50 ml, προσθέτονται 25 ml διαλύματος  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ , πωματίζεται ο σωλήνας και ανακινείται επί 10 λεπτά. Στη συνέχεια αφαιρείται το πώμα, φυγοκεντρείται στις 2000 rpm για 10 λεπτά. Κατόπιν το υπερκείμενο υγρό διηθείται και μεταφέρεται ποσοτικά σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml. Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται δύο φορές όπου το υπερκείμενο υγρό συμπληρώνει το προηγούμενο μέχρις όγκου. Τέλος προσδιορίζεται το  $\text{Na}^+$  φλογοφωτομετρικά με τη βοήθεια της καμπύλης που δημιουργήθηκε από τη βαθμονόμηση του οργάνου με τα *Standards*.

## 3.11 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟ ΚΑΛΙΟ

### 3.11.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ως εναλλακτικό Κάλιο, ορίζεται το ποσοστό του  $K^+$  σε  $meq/100\text{ gr}$  ξηρού εδάφους, που μπορεί να εναλλάσσεται μεταξύ στερεής και υγρής φάσης ή μεταξύ στερεής και στερεής φάσης, που βρίσκεται προσροφημένο στα ορυκτά της αργίλου και στην οργανική ουσία.

Ο προσδιορισμός του εναλλακτικού  $K^+$  στηρίζεται στον κορεσμό του εδάφους με  $NH_4^+$ . Το εκχύλισμα νεφελοποιείται σε φλόγα, αέρα - βουτανίου οπότε εξατμιζόμενο οι ενώσεις του Καλίου ατομοποιούνται με αποτέλεσμα τα άτομα καλίου που σχηματίζονται να εκπέμπουν ακτινοβολία, της οποίας η ένταση μετράται σε μήκος κύματος  $766,5\text{ nm}$ .

### 3.11.2 ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ

α)  $NH_4OH$

β)  $CH_3COOH$

γ) Διάλυμα  $CH_3COONH_4$ , 1N,  $pH=7,0$

δ) Σειρά *Standards*  $K^+$ . Με τον ίδιο τρόπο κατασκευής *Standards*  $Na^+$  που είδαμε πριν, κατασκευάζονται *Standards* με συγκεντρώσεις 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.5, 1.75, 2. Σημειώνουμε εδώ πως τα *standards* που ετοιμάζουμε έχουν συγκεντρώσεις κοντά στις συγκεντρώσεις των δειγμάτων μας.

#### 3.11.2α Όργανα

Φλογοφωτόμετρο *Sherwood* 410.

### 3.11.2β Βαθμονόμηση

Για την βαθμονόμηση του οργάνου ακολουθείται η ίδια πορεία με την ανάλογη βαθμονόμηση του φλογοφωτομέτρου κατά τη μέτρηση του εναλλακτικού  $\text{Na}^+$ . Και εδώ η καμπύλη θα πρέπει να προσεγγίζει όσο το δυνατόν περισσότερο την ευθεία.

### 3.11.3 ΜΕΘΟΔΟΣ

Ζυγίζονται 5,0 gr εδάφους σε σωλήνα φυγοκέντρωσης των 50 ml, προσθέτονται 25 ml διαλύματος  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ , ανακινούνται επί 10 λεπτά. Στη συνέχεια φυγοκεντρείται στις 2000 rpm για 10 λεπτά. Το υπερκείμενο υγρό διηθείται και μεταφέρεται ποσοτικά σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml. Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται δύο φορές. Τέλος γίνεται ο προσδιορισμός στο φλογοφωτόμετρο.



### 3.12 ΥΔΑΤΟΔΙΑΛΥΤΟ ΑΣΒΕΣΤΙΟ

Η μέτρηση του υδατοδιαλυτού ασβεστίου έγινε στο εκχύλισμα της πάστας κορεσμού με χρήση της φλόγας της Ατομικής Απορρόφησης. Οι μετρούμενες συγκεντρώσεις εκφράζονται σε ppm και υπολογίζονται βάση πρότυπης καμπύλης η οποία είναι ενσωματωμένη σε πρόγραμμα του υπολογιστή της Ατομικής Απορρόφησης. Οι συγκεντρώσεις αυτές μετατρέπονται στη συνέχεια σε meq/l για να χρησιμοποιηθούνε στον υπολογισμό του S.A.R.

### 3.13. ΥΔΑΤΟΔΙΑΛΥΤΟ ΜΑΓΝΗΣΙΟ

Το υδατοδιαλυτό μαγνήσιο μετρήθηκε στο εκχύλισμα της πάστας κορεσμού, με τη φλόγα της Ατομικής Απορρόφησης. Οι μετρούμενες συγκεντρώσεις εκφράζονται σε ppm και υπολογίζονται βάση πρότυπης καμπύλης η οποία είναι ενσωματωμένη σε πρόγραμμα του υπολογιστή της Ατομικής Απορρόφησης. Οι συγκεντρώσεις αυτές, όπως στη περίπτωση του υδατοδιαλυτού ασβεστίου, μετατρέπονται σε meq/l για να χρησιμοποιηθούν στον υπολογισμό του S.A.R.

### 3.14 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΕΝΑΛΛΑΓΗΣ ΚΑΤΙΟΝΤΩΝ

#### 3.14.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η ικανότητα εναλλαγής κατιόντων ενός εδάφους είναι ένα μέτρο της ικανότητας προσροφήσεως κατιόντων. Όταν το δείγμα κατεργασθεί με διάλυμα άλατος όπως  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  τα ιόντα  $\text{NH}_4$  αντικαθιστούν τα προσροφημένα μεταλλικά κατιόντα ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{H}^+$ ) οπότε το μεν έδαφος γίνεται με μόνο  $\text{NH}_4^+$ , ενώ το διάλυμα περιέχει όλα τα ανωτέρω κατιόντα, την περίσσεια του  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  καθώς και στο διάλυμα αυτό διαλυμένα άλατα. Εκλέγεται το  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  γιατί αντικαθιστά όλα τα κατιόντα στο έδαφος, αλλά και γιατί απομακρύνεται εύκολα από τα σύμπλοκα του εδάφους. Για την απομάκρυνσή του χρησιμοποιείται το  $\text{CH}_3\text{COONa}$ . Το pH του  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  πρέπει να είναι 7 και του  $\text{CH}_3\text{COONa}$  8,2. Αυτό γιατί σ' αυτά τα διαλύματα η διαλυτότητα των  $\text{CaCO}_3$  και  $\text{MgCO}_3$  είναι η μικρότερη δυνατή, η παρουσία δε αυτών στο εκχύλισμα επιφέρει λάθη.

Για την μέτρηση της Ι.Α.Κ. χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του οξικού αμμωνίου, μια μέθοδος που χρησιμοποιείται από ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε. και πολλά εδαφολογικά εργαστήρια, η οποία καταγράφεται ως εξής: «Προσδιορισμός της Εναλλακτικής Ικανότητας Κατιόντων».

#### 3.14.2 ΣΥΣΚΕΥΕΣ - ΟΡΓΑΝΑ

- α) Φυγόκεντρος συσκευή άνω των 3500 στροφών ανά λεπτό.
- β) Σωλήνες για τη φυγόκεντρο χωρητικότητας άνω των 50ml
- γ) Μηχανικός παλινδρομικός ανακινητήρας.
- δ) Φλογοφωτόμετρο

### 3.14.3 ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ

1. Διάλυμα  $\text{CH}_3\text{COONa}$  ( $\text{pH}=8,2$ ).
2. Αιθυλική αλκοόλη  $95^\circ\text{-}96^\circ$  ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ).
3. Διάλυμα  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  ( $\text{pH}=7$ ).

### 3.14.4 ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Λαμβάνονται 4gr χρώματος αεροξηραθέντος, προκειμένου για λεπτής υφής εδάφη ή 6gr χρώματος, προκειμένου περί εδαφών χονδρής υφής. Η ζύγιση του δείγματος γίνεται με προσέγγιση 0.01gr. Υπολογίζεται το βάρος του ξηρού χρώματος βάσει της προσδιορισθείσης υγρασίας. Τα δείγματα αυτά τοποθετούνται σε σωλήνες φυγοκέντρωσης και σε κάθε ένα προστίθενται 33ml του αντιδραστήριου 1. Πωματίζονται και φέρονται στον παλινδρομικό ανακινητήρα όπου ανακινούνται για 5 λεπτά.

Εκπωματίζονται και φέρονται στη φυγόκεντρο όπου φυγοκεντρούνται με ταχύτητα 2500 - 3000 / 1' μέχρις διαυγάσεως του υπερκείμενου υγρού. Το υπερκείμενο τούτο υγρό απορρίπτεται. Αυτό επαναλαμβάνεται 4 φορές.

Κατόπιν σε κάθε σωλήνα προστίθενται 33ml από το αντιδραστήριο 2. Οι σωλήνες πωματίζονται και ανακινούνται επί 5' στον παλινδρομικό ανακινητήρα. Στη συνέχεια εκπωματίζονται και τοποθετούνται στη φυγόκεντρο. Η υπερκείμενη αλκοόλη απορρίπτεται.

Η εκάστοτε απόχυση της αλκοόλης πρέπει να είναι τέλεια ώστε να επιτευχθεί η απομάκρυνση τελείως του υπάρχοντος  $\text{CH}_3\text{COONa}$ . Κριτήριο της τέλει απομάκρυνσης του  $\text{CH}_3\text{COONa}$  είναι η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας της αλκοόλης της τρίτης επαναλήψεως. Η αγωγιμότητα αυτή πρέπει να είναι μεγαλύτερη των 40 micromhos / cm. Μ' αυτή την επεξεργασία του χρώματος όλα τα κατιόντα του δείγματος έχουν αντικατασταθεί από αυτά του νατρίου.

Η αντικατάσταση των κατιόντων του  $\text{Na}^+$  με κατιόντα  $\text{NH}_4^+$  γίνεται ως εξής:

Σε κάθε σωλήνα τοποθετούνται 33ml του αντιδραστηρίου 3. Ανακινούνται επί 5' και φυγοκεντρώνονται. Το υπερκείμενο, διαυγές υγρό αποχύνεται σε φιάλη των 100ml. Αυτό επαναλαμβάνεται 3 φορές. Ο όγκος του υγρού συμπληρώνεται στα 100ml με  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  και προσδιορίζεται η συγκέντρωση ιόντων  $\text{Na}^+$ , με τη βοήθεια του φλογοφωτομέτρου, εκφρασμένη σε meq/l.

### 3.14.4α Υπολογισμοί

Η Εναλλακτική Ικανότητα Κατιόντων δίνεται από τον τύπο:

$$\text{C.E.C./100gr} = \frac{0,00435(100 + \%υγρασία) * \text{Sap} * A}{w}$$

όπου: Sap=ο συντελεστής αραίωσης του δείγματος

A=συγκέντρωση του δείγματος σε ppm

w=βάρος ζυγισθέντος δείγματος



### 3.15 ΥΔΑΤΟΔΙΑΛΥΤΟ $\text{Na}^+$

#### 3.15.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

Ως υδατοδιαλυτό  $\text{Na}^+$ , ορίζονται τα  $\text{meqNa}^+ / 100\text{gr}$  ξηρού εδαφικού δείγματος, τα οποία περιέχονται σε υδατικό εκχύλισμα εδάφους από πάστα αναλογίας 1:2.

#### 3.15.2 ΑΡΧΗ ΜΕΘΟΔΟΥ

Από μίγμα εδάφους - νερού 1:2 σε ισορροπία (πάστα), παραλαμβάνεται το υδατικό εκχύλισμα εδάφους στο οποίο προσδιορίζεται φλογοφωτομετρικά σε μήκος κύματος  $598\text{ nm}$ . Συγκεκριμένα το εκχύλισμα νεφελοποιείται σε φλόγα αέρα- βουτανίου οπότε εξατμιζόμενο οι ενώσεις του νατρίου ατομοποιούνται με αποτέλεσμα τα άτομα νατρίου που σχηματίζονται να εκπέμπουν ακτινοβολία, της οποίας η ένταση μετράται σε μήκος κύματος  $589\text{nm}$ .

#### 3.15.3 ΜΕΘΟΔΟΣ

##### 3.15.3α Αντιδραστήρια

•Απιονισμένο-απεσταγμένο νερό: Χρησιμοποιείται για την προετοιμασία όλων των διαλυμάτων καθώς και για τα *standards* διαλύματα

•Διάλυμα  $\text{Na}^+$  ( *Stock I* ): Διαλύουμε  $2,542\text{ NaCl}$  ξηραθέντος στους  $140^\circ\text{C}$  επί 24 ώρες και αραιώνουμε μέχρις όγκου  $1000\text{ml}$  με απεσταγμένο νερό.

•Διάλυμα  $\text{Na}^+$  ( *Stock II* ): Αραιώνουμε  $10\text{ml}$  από το *Stock I* διάλυμα  $\text{Na}^+$  μέχρις όγκου  $100\text{ml}$ .

•Σειρά *Standards Na<sup>+</sup>*: Μεταφέρουμε  $50,62,75,180,200,250\text{ ml}$  από το *Stock II* διάλυμα νατρίου, μέσα σε ογκομετρικές φιάλες των  $100\text{ml}$  και συμπληρώνουμε

μέχρις όγκου με απιονισμένο-απεσταγμένο νερό. Τα *standards* διαλύματα που προκύπτουν έχουν αντίστοιχα συγκεντρώσεις 50,62,75,180,200,250 *ppm*.

### 3.15.3β Όργανα

Φλογοφωτόμετρο *Sherwood 410*

### 3.15.3γ Πορεία

Παραλαμβάνουμε το υδατικό εκχύλισμα εδάφους 1:2 και εαν χρειάζεται αραιώνουμε. Η ικανότητα μετρήσεως του οργάνου σύμφωνα με τον κατασκευαστή είναι τα 200ppm.

### 3.15.3δ Βαθμονόμηση

Η βαθμονόμηση του φλογοφωτομέτρου γίνεται με τη σειρά *standards Na<sup>+</sup>*. Ρυθμίζεται πρώτα το μηδέν της κλίμακας του οργάνου με το *blank* και στη συνέχεια το 100 της κλίμακας με το πυκνότερο *standard* (250ppm). Στη συνέχεια μετρούνται τα υπόλοιπα *standards* αρχίζοντας από το αραιότερο και κατασκευάζεται η καμπύλη συγκέντρωσης-ένδειξης οργάνου. Η καμπύλη βαθμονόμησης θα πρέπει να προσεγγίζει όσο το δυνατόν περισσότερο την ευθεία.

### 3.15.3ε Μέτρηση

Μετά την βαθμονόμηση, εισάγεται το άγνωστο εκχύλισμα και σημειώνεται η ένδειξη του οργάνου. Εάν η ένδειξη είναι εκτός καμπύλης το δείγμα αραιώνεται.

### 3.15.3ζ Υπολογισμοί

Με βάση την καμπύλη που έχει κατασκευαστεί κατά τη βαθμονόμηση του οργάνου, αντιστοιχίζεται η ένδειξη του οργάνου για το άγνωστο εκχύλισμα με την συγκέντρωση (σε ppm).

Το υδατοδιαλυτό  $\text{Na}^+$ , υπολογίζεται από τον τύπο:

$$(\text{Na})_{\text{υδ}} (\text{meqNa}/100\text{gr ξηρού δείγματος}) = \frac{A \cdot S_{\text{ap}}}{114,949}$$

Όπου:

A= Η συγκέντρωση του εκχυλίσματος σε ppm

$S_{\text{ap}}$ = συντελεστής αραίωσης

### 3.16 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ *E.S.P.* (*Exchangeable sodium percentage* ή Βαθμός αλκαλίωσης)

Ως *E.S.P.* εδάφους ορίζεται η εκατοστιαία αναλογία του ανταλλάξιμου  $Na^+$  του εδάφους προς την ολική σε κατιόντα εναλλακτική ικανότητα, *C.E.C.* αυτού. Η *E.S.P.* του εδάφους υπολογίζεται από τον τύπο:

$$E.S.P. = \frac{exchangeableNa^+ (cmol \cdot Kg^{-1})}{CEC (cmol \cdot Kg^{-1})} \times 100$$

όπου:  $cmol \cdot Kg^{-1} = 1 meq / 100gr$  εδάφους

Αυτή η εξίσωση εκφράζει την ιδιότητα που έχει το έδαφος να δεσμεύει, δηλαδή να προσροφάει στην επιφάνεια των κολλοειδών ιόντα νατρίου. Η *E.S.P.* είναι μια ιδιότητα του εδάφους που χρησιμοποιείται για το χαρακτηρισμό των εδαφών που περιέχουν διαλυτά άλατα. Το *E.S.P.* είναι καθαρός αριθμός. Από ερευνητικές εργασίες που έχουν πραγματοποιηθεί, η *E.S.P.* χρησιμοποιείται σαν κριτήριο ανθεκτικότητας στην αλατότητα για κάποιες καλλιέργειες σ' ορισμένα εδάφη (Μήτσιος, 1994).

### 3.17 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ S.A.R. (*Sodium Absorption Ratio*)

Το S.A.R. εκφράζει το λόγο προσρόφησης του νατρίου, δηλαδή, το SAR εκφράζει τη χαρακτηριστική ιδιότητα των ιόντων σχετικά με τη διαλυτότητα αυτών στο εδαφικό διάλυμα. Ο υπολογισμός του γίνεται από τον τύπο:

$$S.A.R. = \frac{(Na^{+})}{\sqrt{\frac{(Ca^{2+}) + (Mg^{2+})}{2}}}$$

Οι συγκεντρώσεις των κατιόντων  $Na^{+}$ ,  $Ca^{2+}$  και  $Mg^{2+}$  εκφράζονται σε *meq/l*. Το S.A.R. αναφέρεται στο εδαφικό διάλυμα του εδάφους, αλλά έχει χρησιμοποιηθεί και για τον χαρακτηρισμό των νερών άρδευσης.



### 3.18 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΕΔΑΦΩΝ

Στη συγκεκριμένη πτυχιακή διατριβή ο χαρακτηρισμός των εδαφών έγινε με τα εξής κριτήρια-ιδιότητες τους εδάφους:

- εδαφικό  $pH$
- Ηλεκτρική αγωγιμότητα ( $EC$ ) του εδάφους
- $E.S.P.$
- $S.A.R.$

• Η  $E.S.P.$  των εδαφών και το  $S.A.R.$  σχετίζονται πολύ στενά στα περισσότερα εδάφη. Σύμφωνα με τα παραπάνω κριτήρια τα εδάφη κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες - ομάδες:

- α) Αλατούχα εδάφη
- β) Αλατούχα - Αλκαλιωμένα εδάφη
- γ) Αλκαλιωμένα με Νάτριο εδάφη

Ας σημειώσουμε εδώ πως τα εδάφη της téως λίμνης Κάρλας σπάνια παρουσιάζουν  $pH > 8,5$  (μεταπτυχιακή διατριβή Τούλιος Μαργαρίτης, 1987). Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα για το χαρακτηρισμό των εδαφών παρουσιάζονται στον πίνακα 5.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

### ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Δύο είναι οι κυριότεροι κίνδυνοι, που απειλούν τα εδάφη της χώρας μας, η *Διάβρωση* από τη μία μεριά, συνέπεια της οποίας χάνουμε κάθε χρόνο εκατομμύρια τόνους εκλεκτού γόνιμου εδάφους, από τις επικλινείς μας εκτάσεις και η *Αλατότητα-Αλκαλίωση*, που αχρηστεύει γεωργικώς τα επίπεδα, οριζόντια, κακώς στραγγιζόμενα, γόνιμα πεδινά εδάφη μας. Το ξηρό ως ημίξηρο κλίμα της Ελλάδας συντελεί στη συγκέντρωση των αλάτων στην επιφάνεια των κακώς στραγγιζομένων εδαφών, με συνέπεια στην αχρήστευσή τους, για το σύνολο σχεδόν των καλλιεργειών. Αυτό ακριβώς συμβαίνει στην πεδιάδα της λίμνης Κάρλας, που εξετάζουμε στην παρούσα εργασία.

Τα εδάφη της Κάρλας σύμφωνα με τους πίνακες 1, 2, 3, 4 παρουσιάζουν τα ακόλουθα Μορφολογικά και Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά:

- Η υφή (κοκκομετρική σύσταση ) είναι αργιλώδης κατά κύριο λόγο, με περιεκτικότητα σε άργιλο 16,5-83,6%, άμμο 1,44-70,6% και ιλύ 4,72-31,8%. Σε σύνολο 19 εδαφικών τομών οι 16, δηλαδή ένα ποσοστό 84% παρουσιάζουν σύσταση αργιλώδη.
- Τα εδάφη αυτά είναι πλούσια σε ολικά ανθρακικά ιόντα, οι τιμές των οποίων κυμαίνονται από 9,8 μέχρι 19,95%.
- Η οργανική ουσία βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα, κυμαινόμενη από 0,4 μέχρι 2,98%.
- ο PH είναι υψηλό με τιμές από 7,65 έως 8,53.
- Η ηλεκτρική αγωγιμότητα *E.C.* παρουσιάζει διακυμάνσεις από 0,491 μέχρι 12,18dS/m.
- Η Ικανότητα Εναλλαγής Κατιόντων (*C.E.C.*) είναι συνήθως πάνω από 50meq/100gr εδάφους.
- Τα ανταλλάξιμα ιόντα νατρίου και καλίου παρουσιάζουν τις ακόλουθες συγκεντρώσεις:
  - Na<sup>+</sup>: 3,87-32,2 meq/100gr ξηρού εδάφους
  - K<sup>+</sup>: 0,279-2 meq/100gr ξηρού εδάφους
- Τα υδατοδιαλυτά ιόντα νατρίου ,ασβεστίου , μαγνησίου παρουσιάζουν τις ακόλουθες συγκεντρώσεις:
  - Na<sup>+</sup>: 5,47-76,08meq/l
  - Ca<sup>++</sup>: 1,85-33,1meq/l
  - Mg<sup>++</sup>: 0,82-21,65meq/l
- Ο λόγος προσρόφησης νατρίου κυμαίνεται από 2,13 έως 25,7
- Η αλκαλίωση εκφρασμένη με το εκατοστιαίο ποσοστό προσροφημένου Na<sup>+</sup> κυμαίνεται από 2 μέχρι 97.

Όσον αφορά τώρα στο σκοπό αυτής της εργασίας, τη σύγκριση δηλαδή των εδαφών της πρώην λίμνης Κάρλας, με στόχο τη μελέτη εξέλιξης των εν λόγω

εδαφών, τα αποτελέσματα εξάγονται από τους πίνακες 5 και 6. Στον πίνακα 5 παρουσιάζονται οι τιμές του PH, S.A.R., E.S.P. και E.C των μελετηθέντων εδαφών με το χαρακτηρισμό τους, ενώ στον πίνακα 6 αναγράφονται συγκεντρωτικά τα δεδομένα που έχουν ληφθεί από χάρτες του ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε., του Ινστιτούτου Χαρτογράφησης και Ταξινόμησης Εδαφών Λάρισας. Η σύγκριση που ακολουθεί γίνεται για κάθε μία τομή χωριστά λαμβάνοντας υπόψη τις μετρήσεις του βάθους (0-30) και (30-60)cm.

### Τομή Σ1

Στον πίνακα 5 παρουσιάζονται οι τιμές του PH, S.A.R., E.S.P. και E.C του εδάφους στην τομή αυτή. Σύμφωνα με τα στοιχεία του βάθους (0-30)cm το PH είναι 7,9, το E.S.P. 14, το S.A.R. 4,41meq/l και η ηλεκτρική αγωγιμότητα 0,49dS/m. Το έδαφος στο βάθος αυτό χαρακτηρίζεται ως Μη Αλατούχο- Μη Αλκαλιωμένο. Στο βάθος (30-60)cm το PH παίρνει τιμή 8,00, το E.S.P 14,8, το S.A.R 4,66meq/l και η E.C 1,10 dS/m. Το έδαφος αυτό χαρακτηρίζεται ως Μη Αλατούχο- Μη Αλκαλιωμένο. Τα στοιχεία που πάρθηκαν από τους χάρτες του ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε. δίνουν τιμή για το E.S.P. μεταξύ 0-15%, E.C. από 0 έως 4dS/m και το έδαφος χαρακτηρίζεται ως Αλατούχο -Μη Αλκαλιωμένο.

Παρατηρούμε πως και τα δύο βάθη έχουν E.S.P. και E.C στα ίδια όρια. Από το χαρακτηρισμό όμως της εδαφικής τομής παρατηρούμε πως υπάρχει μια μείωση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας κάτι που μπορεί να οφείλεται στην εγκατάσταση στραγγιστικού συστήματος ή την έκπλυση των αλάτων.

### Τομή Σ2

Οι εργαστηριακές μετρήσεις που έλαβαν χώρα κατά την εκπόνηση αυτής της διατριβής, δίνουν για το βάθος (0-30)cm της τομής αυτής PH 7,69, E.S.P 12,2, S.A.R 10,38meq/l και E.C 9,68dS/m, ενώ για το βάθος (30-60)cm έχουμε PH 7,88, E.S.P. 14, S.A.R. 13meq/l και E.C. 7,74dS/m. Με τα ανωτέρω στοιχεία το έδαφος και στα δύο βάθη χαρακτηρίζεται ως Αλατούχο - Μη Αλκαλιωμένο. Το έδαφος αυτό σύμφωνα με τα υπάρχοντα στοιχεία, χαρακτηρίζεται ως Μη Αλατούχο - Μη Αλκαλιωμένο, με E.S.P. που κυμαίνεται από 0 έως 15% και E.C από 0 έως 4 dS/m.

Παρατηρείται δηλαδή μια αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, γεγονός που δηλώνει τη συσσώρευση αλάτων και στα δύο βάθη, ενώ ο βαθμός αλκαλίωσης με νάτριο παραμένει στα ίδια επίπεδα. Η συσσώρευση αυτή πιθανόν να οφείλεται στη χρήση αρδευτικού νερού με υψηλή συγκέντρωση αλάτων.

### Τομή Σ3

Σύμφωνα με τα στοιχεία του πίνακα 5 η τομή αυτή στο βάθος (0-30)cm παρουσιάζει PH 7,90, E.S.P 52,8, S.A.R. 11,4meq/l και E.C. 4,13dS/m, ενώ στο

βάθος (30-60)cm το PH παίρνει τιμή 7,85, το E.S.P 46,9, το S.A.R. 13,58meq/l και E.C 5,68dS/m. Τα εδαφικά δείγματα της εν λόγω τομής χαρακτηρίζονται και στα δύο βάθη ως Αλατούχα - Αλκαλιωμένα. Το έδαφος στην τομή αυτή σύμφωνα με τα υπάρχον στοιχεία έχει ηλεκτρική αγωγιμότητα 4 έως 8dS/m, βαθμό αλκαλίωσης νατρίου 15 με 25% και χαρακτηρίζεται ως Αλατούχο- Αλκαλιωμένο.

Παρατηρείται δηλαδή μια αύξηση του βαθμού αλκαλίωσης με νάτριο στο βάθος αυτό ενώ η ηλεκτρική αγωγιμότητα κυμαίνεται στα ίδια όρια.

### Τομή Σ8

Οι εργαστηριακές αναλύσεις δίνουν για τη τομή αυτή στο βάθος (0-30)cm PH 8,00, E.S.P 13,5, S.A.R. 3,58meq/l και E.C. 0,843dS/m το οποίο και χαρακτηρίζεται ως Μη Αλατούχο – Μη Αλκαλιωμένο. Για το βάθος (30-60)cm έχουμε PH 8,53, E.S.P 27,5, S.A.R 15,2meq/l και E.C 0,556dS/m και το έδαφος αντίστοιχα χαρακτηρίζεται ως Μη Αλατούχο – Αλκαλιωμένο. Παρατηρούμε μια αύξηση του E.S.P και του S.A.R με το βάθος. Το έδαφος στην τομή αυτή σύμφωνα με τα στοιχεία των χαρτών έχει ηλεκτρική αγωγιμότητα μεταξύ 0 και 4dS/m και βαθμό αλκαλίωσης νατρίου μεταξύ 0 και 15%. Χαρακτηρίζεται ως Αλατούχο – Μη Αλκαλιωμένο.

Παρατηρούμε στα δείγματά μας μια μείωση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, ενώ όσον αφορά στο E.S.P. παρατηρείται μια αύξηση αυτού στο βάθος (30-60) cm, ενώ στο βάθος (0-30) cm το E.S.P. κυμαίνεται στα ίδια όρια.

### Τομή Σ9

Οι αναλύσεις στο εργαστήριο σύμφωνα με τον πίνακα 5 δίνουν στο βάθος (0-30)cm PH 8,56, E.S.P. 37, S.A.R. 13,72meq/l και E.C. 1,385dS/m, ενώ στο βάθος (30-60)cm έχουμε PH 8,50, E.S.P. 35, S.A.R. 25,7meq/l και E.C. 1,70dS/m. Τα εδαφικά δείγματα σύμφωνα με τα ανωτέρω στοιχεία χαρακτηρίζονται ως Μη Αλατούχα – Αλκαλιωμένα. Το έδαφος της τομής αυτής σύμφωνα με τα στοιχεία των χαρτών χαρακτηρίζεται ως Μη Αλατούχο- Μη Αλκαλιωμένο και παρουσιάζει ηλεκτρική αγωγιμότητα μεταξύ 0 και E.C. 4dS/m, ενώ το E.S.P. κυμαίνεται από 0 έως 15%.

Παρατηρούμε δηλαδή πως η ηλεκτρική αγωγιμότητα κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα και ενώ ο βαθμός αλκαλίωσης νατρίου αυξάνεται.

### Τομή Σ10

Οι εργαστηριακές αναλύσεις δίνουν για τη τομή αυτή στο βάθος (0-30)cm PH 7,91, E.S.P 21,8, S.A.R 13,56meq/l και E.C. 1,160dS/m, ενώ για το βάθος (30-60)cm έχουμε PH 8,11, E.S.P 23,4, S.A.R. 15,9meq/l και E.C.1,710dS/m. Σύμφωνα με τα ανωτέρω στοιχεία το έδαφος στα δύο αυτά βάθη χαρακτηρίζεται ως Μη Αλατούχο –

Αλκαλιωμένο. Παρατηρείται μια μικρή αύξηση του E.S.P. και του S.A.R. με το βάθος. Το έδαφος στην τομή αυτή, σύμφωνα με τα στοιχεία των χαρτών έχει ηλεκτρική αγωγιμότητα μεταξύ 0 και 4 dS/m και βαθμό αλκαλίωσης με νάτριο από 0 έως 15%. Χαρακτηρίζεται ως Μη Αλατούχο - Μη Αλκαλιωμένο.

Παρατηρείται δηλαδή μια αύξηση του E.S.P στην εν λόγω τομή.

### Τομή Σ11

Οι αναλύσεις στο εργαστήριο έδωσαν για τη τομή αυτή στο βάθος (0-30)cm PH 7,69, E.S.P 59, S.A.R. 21,2meq/l και E.C. 5,36dS/m ενώ για το βάθος (30-60)cm PH 7,78, E.S.P 61,4, S.A.R. 10,8meq/l και E.C. 4,23dS/m. Σύμφωνα με τα ανωτέρω στοιχεία το έδαφος και στα δύο βάθη χαρακτηρίζεται ως Αλατούχο - Αλκαλιωμένο. Το έδαφος της τομής αυτής σύμφωνα με τα στοιχεία των χαρτών χαρακτηρίζεται ως Αλατούχο – Αλκαλιωμένο και έχει ηλεκτρική αγωγιμότητα μεταξύ 8 και 15 dS/m και βαθμό αλκαλίωσης με νάτριο από 15 έως 25%.

Παρατηρούμε πως έχει συμβεί μια μείωση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, ενώ ταυτόχρονα έχει αυξηθεί το E.S.P.

### Τομή Σ12

. Οι αναλύσεις στο εργαστήριο δίνουν για τη τομή αυτή στο βάθος (0-30)cm PH 7,9, E.S.P 11,6, S.A.R 3,34meq/l και E.C. 0,615dS/m ενώ για το βάθος (30-60)cm PH 7,78, E.S.P 14,4, S.A.R 7,49meq/l και E.C. 0,825dS/m. Τα εδάφη στην τομή αυτή χαρακτηρίζονται ως Μη Αλατούχα - Μη Αλκαλιωμένα. Το έδαφος στην τομή αυτή σύμφωνα με τα στοιχεία των χαρτών έχει ηλεκτρική αγωγιμότητα που παίρνει τιμές από 0 έως 4dS/m και ο βαθμός αλκαλίωσης με νάτριο βρίσκεται μεταξύ 0 και 15%. Χαρακτηρίζεται ως Αλατούχο - Μη Αλκαλιωμένο.

Παρατηρούμε πως το E.S.P. και η E.C. κυμάνθηκε στα ίδια επίπεδα, με μια μείωση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας γι' αυτό και το έδαφος χαρακτηρίστηκε τώρα ως Μη Αλατούχο - Μη Αλκαλιωμένο.

### Τομή Σ13

Οι εργαστηριακές αναλύσεις δίνουν για τη τομή αυτή στο βάθος (0-30)cm PH 7,75, E.S.P. 10,8, S.A.R. 5,03meq/l και E.C 0,965dS/m ενώ για το βάθος (30-60)cm PH 7,88, E.S.P. 10,08, S.A.R. 8,1meq/l και E.C 1,131dS/m. Τα εδαφικά δείγματα στην τομή αυτή σύμφωνα με τα ανωτέρω στοιχεία χαρακτηρίζονται ως Μη Αλατούχα - Μη Αλκαλιωμένα. Το έδαφος της τομής αυτής σύμφωνα με τα στοιχεία των χαρτών παρουσιάζει ηλεκτρική αγωγιμότητα μεταξύ 0 και 4 dS/m, βαθμό αλκαλίωσης με νάτριο από 0 έως 15% και χαρακτηρίζεται ως Μη Αλατούχο - Μη Αλκαλιωμένο.

Παρατηρούμε πως οι τιμές τόσο για την E.C. όσο και για το E.S.P. κυμάνθηκαν στα ίδια όρια. Έτσι ο χαρακτηρισμός του εν λόγω εδάφους παραμένει Μη Αλατούχο - Μη Αλκαλιωμένο.

#### Τομή Σ14

Οι εργαστηριακές αναλύσεις δίνουν για την τομή αυτή στο βάθος (0-30)cm PH 7,79, E.S.P. 31, S.A.R. 18meq/l και E.C. 2,68dS/m ενώ για το βάθος (30-60)cm PH 7,92, E.S.P. 97, S.A.R. 16,87meq/l και E.C. 4,76dS/m. Σύμφωνα με τα ανωτέρω στοιχεία το έδαφος στη τομή αυτή χαρακτηρίζεται Αλατούχο – Αλκαλιωμένο. Το έδαφος στην τομή αυτή σύμφωνα με τα στοιχεία των χαρτών χαρακτηρίζεται ως Αλατούχο - Αλκαλιωμένο. Η ηλεκτρική του αγωγιμότητα κυμαίνεται από 8 έως 15 dS/m και ο βαθμός αλκαλίωσης με νάτριο παίρνει τιμές μεταξύ 15 και 25%.

Παρατηρείται μια ελάττωση στην ηλεκτρική αγωγιμότητα ενώ ταυτόχρονα έχει αυξηθεί το E.S.P.

#### Τομή Σ15

Οι αναλύσεις στο εργαστήριο έδειξαν για την τομή αυτή στο βάθος (0-30)cm PH 7,85, E.S.P. 29, S.A.R. 10,26meq/l και E.C. 6,13dS/m ενώ για το βάθος (30-60)cm PH 8,12, E.S.P. 38,5, S.A.R. 19,25meq/l και E.C. 4,24dS/m. Το έδαφος στην τομή αυτή χαρακτηρίζεται Αλατούχο – Αλκαλιωμένο και για τα δύο βάθη. Το έδαφος της τομής αυτής σύμφωνα με τα στοιχεία των χαρτών παρουσιάζει ηλεκτρική αγωγιμότητα από 4 έως 8dS/m και βαθμό αλκαλίωσης νατρίου 0 έως 15%. Χαρακτηρίζεται ως Αλατούχο - Μη Αλκαλιωμένο.

Παρατηρούμε πως το E.S.P. έχει αυξηθεί και στα δύο βάθη ενώ η ηλεκτρική αγωγιμότητα κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα.

#### Τομή Σ16

Οι αναλύσεις στο εργαστήριο έδειξαν για την τομή αυτή στο βάθος (0-30)cm PH 7,99, E.S.P. 63, S.A.R. 37,6meq/l και E.C. 3,14dS/m ενώ για το βάθος (30-60)cm PH 7,94, E.S.P. 31,3, S.A.R. 15meq/l και E.C. 4,73dS/m. Το έδαφος στην τομή αυτή χαρακτηρίζεται Αλατούχο – Αλκαλιωμένο και για τα δύο βάθη. Το έδαφος της τομής αυτής σύμφωνα με τα στοιχεία των χαρτών παρουσιάζει ηλεκτρική αγωγιμότητα από 0 έως 4dS/m και βαθμό αλκαλίωσης νατρίου 0 έως 15% και χαρακτηρίζεται ως Μη Αλατούχο - Μη Αλκαλιωμένο.

Παρατηρούμε πως το E.S.P. έχει αυξηθεί και στα δύο βάθη ενώ η ηλεκτρική αγωγιμότητα στο μεν (0-30) cm βάθος κυμάνθηκε στα ίδια επίπεδα στο (30-60) βάθος παρουσιάζει μικρή αύξηση.



### Τομή Σ20

Οι αναλύσεις στο εργαστήριο έδειξαν για την τομή αυτή στο βάθος (0-30)cm PH 7,45, E.S.P. 5, S.A.R. 2,2 meq/l και E.C. 1,47dS/m ενώ για το βάθος (30-60)cm PH 7,64, E.S.P. 17,7, S.A.R. 3,65meq/l και E.C. 1,794dS/m. Το έδαφος στην τομή αυτή χαρακτηρίζεται Μη Αλατούχο – Μη Αλκαλιωμένο και για τα δύο βάθη. Σύμφωνα με τα στοιχεία των χαρτών το έδαφος της τομής αυτής παρουσιάζει ηλεκτρική αγωγιμότητα από 0 έως 4dS/m και βαθμό αλκαλίωσης νατρίου 0 έως 15%. Χαρακτηρίζεται ως Μη Αλατούχο - Μη Αλκαλιωμένο.

Παρατηρούμε πως η ηλεκτρική αγωγιμότητα κυμάνθηκε στα ίδια επίπεδα ενώ το E.S.P παρουσιάζει μια μικρή αύξηση στα (30-60) cm.

### Τομή Σ21

Οι αναλύσεις στο εργαστήριο έδειξαν για την τομή αυτή στο βάθος (0-30)cm PH 7,90, E.S.P. 28, S.A.R. 9,47meq/l και E.C. 1,302dS/m ενώ για το βάθος (30-60)cm PH 7,87, E.S.P. 34, S.A.R. 10,22meq/l και E.C. 1,913dS/m. Το έδαφος στην τομή αυτή χαρακτηρίζεται Μη Αλατούχο – Αλκαλιωμένο και για τα δύο βάθη. Σύμφωνα με τα στοιχεία των χαρτών το έδαφος της τομής αυτής παρουσιάζει ηλεκτρική αγωγιμότητα από 8 έως 15dS/m και βαθμό αλκαλίωσης νατρίου 15 έως 25%. Χαρακτηρίζεται ως Αλατούχο - Αλκαλιωμένο.

Παρατηρούμε πως η ηλεκτρική αγωγιμότητα εμφανίζεται μειωμένη αισθητά ενώ το E.S.P παρουσιάζει μια αύξηση και στα δύο βάθη.

### Τομή Σ22

Οι αναλύσεις στο εργαστήριο έδειξαν για την τομή αυτή στο βάθος (0-30)cm PH 7,62, E.S.P. 11,9, S.A.R. 3,92meq/l και E.C. 1,80dS/m με χαρακτηρισμό Μη Αλατούχο – Μη Αλκαλιωμένο. Για το βάθος (30-60)cm σύμφωνα με τον πίνακα 5 έχουμε PH 7,65, E.S.P. 23,4, S.A.R. 10,55meq/l και E.C. 1,739dS/m. Το έδαφος στο βάθος αυτό χαρακτηρίζεται Μη Αλατούχο – Αλκαλιωμένο. Σύμφωνα με τα στοιχεία των χαρτών το έδαφος της τομής αυτής παρουσιάζει ηλεκτρική αγωγιμότητα από 0 έως 4dS/m και βαθμό αλκαλίωσης νατρίου 0 έως 15%. Χαρακτηρίζεται ως Αλατούχο - Αλκαλιωμένο.

Παρατηρούμε πως η ηλεκτρική αγωγιμότητα κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα όπως και το στο βάθος (0-30), ενώ αυτό στο βάθος (30-60) παρουσιάζεται αυξημένο. εμφανίζεται μειωμένη αισθητά ενώ το E.S.P παρουσιάζει μια αύξηση και στα δύο βάθη.

### Τομή Σ23

Οι αναλύσεις στο εργαστήριο έδειξαν για την τομή αυτή στο βάθος (0-30)cm PH 7,62, E.S.P. 2, S.A.R. 4,57meq/l και E.C. 1,168dS/m. Σύμφωνα με τα ανωτέρω το έδαφος χαρακτηρίζεται Μη Αλατούχο – Μη Αλκαλιωμένο. Για το βάθος (30-60)cm από τον πίνακα 5 έχουμε PH 7,77, E.S.P. 29, S.A.R. 15,9meq/l και E.C. 1,023dS/m. Το έδαφος στην τομή αυτή χαρακτηρίζεται Μη Αλατούχο – Αλκαλιωμένο. Σύμφωνα με τα στοιχεία των χαρτών το έδαφος της τομής αυτής παρουσιάζει ηλεκτρική αγωγιμότητα από 0 έως 4dS/m και βαθμό αλκαλίωσης νατρίου 0 έως 15%. Χαρακτηρίζεται ως Μη Αλατούχο - Μη Αλκαλιωμένο.

Παρατηρούμε πως η ηλεκτρική αγωγιμότητα κυμαίνεται στα ίδια όρια όπως και το E.S.P. των (0-30)cm ενώ το E.S.P. των (30-60) παρουσιάζεται αυξημένο.

Το έδαφος στην τομή αυτή παρουσιάζει ηλεκτρική αγωγιμότητα μεταξύ 0 και 4 dS/m, βαθμό αλκαλίωσης με νάτριο από 0 έως 15%. Χαρακτηρίζεται ως Μη Αλατούχο - Μη Αλκαλιωμένο. Οι εργαστηριακές αναλύσεις δίνουν ηλεκτρική αγωγιμότητα στα ίδια επίπεδα και ταυτόχρονα αύξηση του βαθμού αλκαλίωσης στο 29%. Το έδαφος χαρακτηρίζεται ως Μη Αλατούχο -Αλκαλιωμένο.

### Τομή Σ24

Οι αναλύσεις στο εργαστήριο έδειξαν για την τομή αυτή στο βάθος (0-30)cm PH 7,58, E.S.P. 28, S.A.R. 5,05meq/l και E.C. 0,932dS/m ενώ για το βάθος (30-60)cm PH 7,63, E.S.P. 30,8, S.A.R. 6,85meq/l και E.C. 1,148dS/m. Το έδαφος στην τομή αυτή χαρακτηρίζεται Μη Αλατούχο – Αλκαλιωμένο και για τα δύο βάθη. Σύμφωνα με τα στοιχεία των χαρτών το έδαφος της τομής αυτής παρουσιάζει ηλεκτρική αγωγιμότητα από 0 έως 4dS/m και βαθμό αλκαλίωσης νατρίου 0 έως 15%. Χαρακτηρίζεται ως Μη Αλατούχο - Μη Αλκαλιωμένο.

Παρατηρούμε πως η ηλεκτρική αγωγιμότητα κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα ενώ το E.S.P. παρουσιάζει μια αύξηση και στα δύο βάθη.

### Τομή Σ25

Οι αναλύσεις στο εργαστήριο έδειξαν για την τομή αυτή στο βάθος (0-30)cm PH 7,78, E.S.P. 59,7, S.A.R. 21,9meq/l και E.C. 6,46dS/m ενώ για το βάθος (30-60)cm PH 7,90, E.S.P. 20, S.A.R. 25,3meq/l και E.C. 12,18dS/m. Το έδαφος στην τομή αυτή χαρακτηρίζεται Αλατούχο – Αλκαλιωμένο και για τα δύο βάθη. Σύμφωνα με τα στοιχεία των χαρτών το έδαφος της τομής αυτής παρουσιάζει ηλεκτρική αγωγιμότητα από 4 έως 8dS/m και βαθμό αλκαλίωσης νατρίου 0 έως 15%. Χαρακτηρίζεται ως Αλατούχο - Μη Αλκαλιωμένο.

Παρατηρούμε πως η ηλεκτρική αγωγιμότητα κυμαίνεται στα ίδια επίπεδα ενώ το E.S.P. παρουσιάζει μια αύξηση και στα δύο βάθη.

### Τομή Σ30

Οι αναλύσεις στο εργαστήριο έδειξαν για την τομή αυτή στο βάθος (0-30)cm PH 7,7, E.S.P. 7, S.A.R. 2,13meq/l και E.C. 1,957dS/m σύμφωνα με τα οποία το έδαφος χαρακτηρίζεται Μη Αλατούχο – Μη Αλκαλιωμένο. Για το βάθος (30-60)cm από τον πίνακα 5 έχουμε PH 7,69, E.S.P. 16,4, S.A.R. 6,5meq/l και E.C. 0,77dS/m. Σύμφωνα με τα ανωτέρω το έδαφος στο βάθος αυτό χαρακτηρίζεται Μη Αλατούχο – Αλκαλιωμένο. Σύμφωνα με τα στοιχεία των χαρτών το έδαφος της τομής αυτής παρουσιάζει ηλεκτρική αγωγιμότητα από 4 έως 8dS/m και βαθμό αλκαλίωσης νατρίου 15 έως 25% και χαρακτηρίζεται ως Αλατούχο - Αλκαλιωμένο.

Παρατηρούμε πως τόσο η ηλεκτρική αγωγιμότητα όσο και το E.S.P παρουσιάζονται μειωμένα στο βάθος (0-30)cm κάτι που μπορεί να οφείλεται στη χρήση καλού αρδευτικού νερού με ταυτόχρονη εξυγίανση του εδάφους (π.χ χρήση γύψου) ενώ στο βάθος (30-60)cm το E.S.P κυμαίνεται στα ίδια όρια και η ηλεκτρική αγωγιμότητα έχει μειωθεί αισθητά.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

### ΣΥΖΗΤΗΣΗ -ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

#### Γενικά

Από τη παρουσίαση των αποτελεσμάτων βλέπουμε πως υπάρχουν 9 διαφορετικές περιπτώσεις σχετικά με τη μεταβολή των παραμέτρων E.C, E.S.P. και το χαρακτηρισμό των εδαφών. Υπήρξαν εδάφη που διατήρησαν το χαρακτηρισμό που τους αποδίδεται βάση των χαρτών του ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε, του Ινστιτούτου Χαρτογράφησης και Ταξινόμησης Εδαφών Λάρισας (Σ3, Σ11, Σ13, Σ14, Σ20(0-30), Σ22(0-30), Σ23(0-30)), άλλα που από Μη Αλατούχα – Μη Αλκαλιωμένα μετατράπηκαν σε Αλατούχα – Μη αλκαλιωμένα (Σ2), σε Μη Αλατούχα – Αλκαλιωμένα (Σ9, Σ10, Σ20(30-60), Σ22(30-60), Σ23(30-60), Σ24) ή σε Αλατούχα – Αλκαλιωμένα (Σ16). Παρουσιάστηκαν επίσης εδάφη που από Αλατούχα – Μη Αλκαλιωμένα μετατράπηκαν σε Μη Αλατούχα – Αλκαλιωμένα (Σ8(30-60)), σε Μη Αλατούχα – Μη Αλκαλιωμένα (Σ1, Σ8(0-30), Σ12) ή σε Αλατούχο – Αλκαλιωμένο (Σ15, Σ25). Εμφανίστηκαν τέλος εδάφη που από Αλατούχα – Αλκαλιωμένα μετετράπησαν σε Μη Αλατούχα – Αλκαλιωμένα (Σ21, Σ30(30-60) και μία περίπτωση εδάφους το οποίο από Αλατούχο – Αλκαλιωμένο μετατράπηκε σε Μη Αλατούχο – Μη Αλκαλιωμένο.

Καθώς στη συγκεκριμένη εργασία μας ενδιαφέρει η μελέτη εξέλιξης των εν λόγω εδαφών από άποψη νατρίωσης, θα εξεταστεί σε αυτό το σημείο το κατά πόσο οι διαφορές που παρατηρούνται στη μεταβολή του E.S.P μεταξύ των εδαφικών δειγμάτων της παρούσης εργασίας και των υπάρχοντων στοιχείων από χάρτες του ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε, είναι σημαντικές, έτσι ώστε να μπορέσουμε να αποφανθούμε για την εξέλιξη των εδαφών αυτών.

## Πορεία

Για να βρούμε εάν οι παρατηρηθήσες διαφορές μεταξύ του E.S.P από τους χάρτες και αυτού που υπολογίστηκε στο εργαστήριο κατά τη διεξαγωγή της παρούσης εργασίας είναι στατιστικώς σημαντικές, χρησιμοποιούμε τις τιμές του E.S.P. κατά ζεύγη, παίρνοντας όλες τις διαφορές D από κάθε ζεύγος

και χρησιμοποιώντας το κριτήριο t με τη μορφή:

$$t = \frac{\bar{D}}{\sqrt{\frac{\sum D^2 - (\sum D)^2 / n}{n(n-1)}}}$$

όπου:

$$\bar{D} = \frac{\sum D}{n}$$

και n=19, ο αριθμός των ζευγών.

Η τιμή του t, όπως υπολογίζεται από τον ανωτέρω τύπο ισούται με t=3,24 το οποίο είναι μεγαλύτερο από το t του πίνακα για πιθανότητα 5% και βαθμούς ελευθερίας n-1=35 ( $t_{0,5} = 2.101$ ). Συνεπώς υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Η ελάχιστη σημαντική διαφορά (ΕΣΔ) δίνεται από τον τύπο:

$$ΕΣΔ = t_{0,5} \sqrt{\frac{\sum D^2 - (\sum D)^2 / n}{n(n-1)}}$$

και ισούται με ΕΣΔ=6,49.

Από την στατιστική ανάλυση των δειγμάτων βάση του Πίνακα 7 του παραρτήματος προκύπτουν τα εξής:

α) Οι τομές Σ3 και στα δύο βάθη, Σ8 στο βάθος (0-30), Σ9 - Σ10 - Σ11 και στα δύο βάθη δειγματοληψίας, Σ14 στο βάθος (30-60), Σ15 - Σ16 και στα δύο βάθη, Σ20 στο βάθος (30-60), Σ21 στο βάθος (30-60), Σ22 στο βάθος (30-60), Σ23 στο βάθος (30-60), Σ24 και στα δύο βάθη και τέλος η τομή Σ25 στο βάθος (0-30) παρουσιάζουν αύξηση του E.S.P στατιστικώς σημαντική αφού σε όλα αυτά τα εδαφικά δείγματα η E.Σ.Δ είναι μεγαλύτερη από την υπολογισθήσα E.Σ.Δ.=6,49

β) Οι τομές Σ14 - Σ15 - Σ25 στο βάθος (0-30) παρουσιάζουν μια αύξηση του E.S.P. η οποία όμως είναι μη σημαντική στατιστικά.

γ) Οι τομές τέλος Σ1 - Σ2 και στα δύο βάθη, Σ8 στο βάθος (0-30), Σ12 - Σ13 και στα δύο βάθη, Σ20 - Σ22 - Σ23 στο βάθος (0-30) και η τομή Σ30 και στα δύο βάθη, εμφανίζουν μια μείωση του E.S.P. τους.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε σε σύνολο 36 εδαφικών δειγμάτων παρατηρήθηκε αύξηση στατιστικώς σημαντική στα 21 από αυτά, σ'ένα ποσοστό 58,3%. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως η αύξηση αυτή παρατηρείται στο πλείστο των περιπτώσεων στο βάθος (30-60) κάτι που πιθανόν να οφείλεται στην απομάκρυνση του νατρίου από τα ανώτερα στρώματα κατά τη διαδικασία της εξυγίανσης (εφαρμογή και ενσωμάτωση γύψου ή άλλων ενώσεων του ασβεστίου στα επιφανειακά στρώματα) και τη συσσώρευσή του στο βάθος αυτό.

Η μικρή αύξηση του E.S.P. που παρατηρείται σε τρεις εδαφικές τομές είναι προς το παρόν μη σημαντική στατιστικά, χωρίς αυτό να σημαίνει πως μπορεί να γίνει μελλοντικά.

Η μείωση τέλος που παρατηρείται σε 14 εδαφικά δείγματα, σ'ένα ποσοστό δηλαδή που φτάνει το 38%, μπορεί να οφείλεται σε δύο λόγους. Πρώτα στις προσπάθειες που γίνονται από τους γεωργούς της περιοχής να εξυγιάνουν τους αγρούς τους κάνοντας εφαρμογή γύψου ή άλλων ενώσεων του ασβεστίου. Σκοπός η απομάκρυνση από τις θέσεις των κολλοειδών της αργίλου το νάτριο και η αντικατάστασή του από ασβέστιο ή μαγνήσιο. Η



χρήση επίσης νερών για άρδευση από γεωτρήσεις, τα οποία στη συγκεκριμένη περιοχή χαρακτηρίζονται από υψηλή συγκέντρωση αλάτων, κάνουν ακριβώς την ίδια με πριν διαδικασία, αντικαθιστούν δηλαδή το νάτριο στις επιφάνειες των κολλοειδών, απομακρύνοντάς το.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε. Ινστιτούτο Εδαφολογίας Αθηνών « Αναλύσεις εδαφών»  
Δέδες Π. Χημικός, Καρλάτος Α. Χημικός, Χατζούδης Γ. Χημικός Μηχανικός 1991.
2. Θάνος Γ. 1993. Ηκατασκευή ταμιευτήρα 42000 στρεμμάτων στην τέως λίμνη Κάρλα. Η θετική επίδραση για την ποσοτική και ποιοτική βελτίωση των υπόγειων νερών στην παρακαρλία περιοχή. Συνάντηση για την αναδημιουργία της τ. Λίμνης Κάρλας. Βόλος.
3. Καλλέργης Γ.Κ. και Ν. Παπανικολάου. 1979. Γεωλογική και γεωφυσική εύρευνα επί της στεγανότητας της λεκάνης της Κάρλας. Υδρολογικά και υδρογεωλογικά εύρευνα. ΙΓΜΕ. Αθήνα.
4. Μήτσιος Ι.Κ. (1996) : Αλατούχα και Αλκαλιωμένα (με νάτριο) εδάφη, ποιοτική κατάταξη των νερών άρδευσεως. Εκδόσεις Zymel. Αθήνα.
5. Μήτσιος Ι.Κ. (1996) : Εδαφολογία (Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας).
6. Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας. Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων –Υγροτόπων. «Ο ιδεότυπος της τέως λίμνης Κάρλας». Ιούλιος 1995.
7. Παπαδάκης Κ., Τεχνικό Γραφείο. 1956. Προμελέτη εγχειοβελτιωτικών έργων παρακαρλίου περιοχής, Αθήνα.
8. SOGREAH. 1974. Μελέτη αναπτύξεως υπογείων υδάτων Θεσσαλίας και συναφών έργων. Τελική έκθεση Υπ. Γεωργίας.
9. Τούλιος Μαργαρίτης. Μεταπτυχιακή Διατριβή «Αλατότητα και Αλκαλίωση στην πεδιάδα της τέως λίμνης Κάρλας. Αθήνα 1989.
10. Τζιώλας Π. Γ. 1990. Αναγνωριστική εδαφολογική μελέτη περιοχών Κάρλας και παρακαρλίων. Σελ. 503-514: Γεράκης Π. Α. (Συντον. Εκδ.). Προστασία και διαχείριση των ελληνικών υγροτόπων. Πρακτικά Συνάντησης Εργασίας Θεσσαλονίκης, 17-21 Απριλίου, 1989. WWF, Εργαστήριο Οικολογίας, Τμήμα Γεωπονίας Α.Π.Θ, IUCN. Θεσσαλονίκη.
11. Φασούλας Α.Κ. Στοιχεία Πειραματικής Στατιστικής. Θεσσαλονίκη 1991-1992.
12. Χατζηλάκος Α. Γ. 1992. Η τέως λίμνη Κάρλα και η αποκατάστασή της. Λάρισα. 109 σελ.

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

Πίνακας 1. Φυσικές Ιδιότητες

Τομή	Βάθος	Άμμος%	Ιλύς %	Αργίλος%	Εδαφικός τύπος
Σ1	( 0-30 )	16,72	27,44	55,84	C
Σ2	( 0-30 )	8	8,4	83,6	C
Σ3	( 0-30 )	4,16	20,936	74,904	C
Σ8	( 0-30 )	16,72	25,08	58,2	C
Σ9	( 0-30 )	76	4,72	19,28	SL
Σ10	( 0-30 )	50,72	37,44	11,84	L
Σ11	( 0-30 )	11,12	39,04	49,84	C
Σ12	( 0-30 )	14,36	21,8	63,84	C
Σ13	( 0-30 )	20,72	29,44	49,84	C
Σ14	( 0-30 )	6,72	27,44	65,84	C
Σ15	( 0-30 )	1,44	25,08	73,48	C
Σ16	( 0-30 )	31,64	28,52	39,84	CL
Σ20	( 0-30 )	10,72	30,016	59,264	C
Σ21	( 0-30 )	5,8	13,08	81,12	C
Σ22	( 0-30 )	3,44	3,44	93,12	C
Σ23	( 0-30 )	6,16	31,848	63,696	C
Σ24	( 0-30 )	13,44	16,36	70,2	C
Σ25	( 0-30 )	2,16	36	61,84	C
Σ30	( 0-30 )	70,36	13,08	16,56	SL

Πίνακας 2. Χημικές Ιδιότητες

Τομή	CaCO <sub>3</sub> %	Οργ. Ουσία %	pH εδαφ.πάστας	pH εδαφ.εκχυλίσματος	E.C dS/m
Σ1(0-30)	18,8	2,07	7,79	8,18	0,491
Σ1(30-60)	19,95	1,1	8,00	8,13	1,10
Σ2(0-30)	18	2,3	7,69	7,5	9,68
Σ2(30-60)	19,8	1,3	7,88	7,32	7,74
Σ3(0-30)	18,5	2,98	7,90	7,63	4,13
Σ3(30-60)	19,75	1,91	7,85	7,46	5,68
Σ8(0-30)	14,2	1,68	8,5	8,00	0,843
Σ8(30-60)	15,35	0,93	8,53	7,99	0,556
Σ9(0-30)	11,1	1,48	8,56	8,3	1,385
Σ9(30-60)	10	0,97	8,5	8,22	1,700
Σ10(0-30)	9,8	0,5	7,91	7,77	1,160
Σ10(30-60)	11,55	0,71	8,11	7,74	1,710
Σ11(0-30)	14,35	1,7	7,69	7,89	5,36
Σ11(30-60)	18,6	1,19	7,78	7,44	4,23
Σ12(0-30)	16,55	1,5	7,90	7,70	0,615
Σ12(30-60)	17,1	1,36	7,78	7,55	0,825
Σ13(0-30)	14,05	1,62	7,75	7,56	0,965
Σ13(30-60)	19,85	0,87	7,88	7,5	1,131
Σ14(0-30)	19,15	1,94	7,97	7,74	8,68
Σ14(30-60)	19,8	0,97	7,92	7,44	6,76
Σ15(0-30)	18,8	1,94	7,85	7,54	6,13
Σ15(30-60)	19,9	1,29	8,12	7,56	4,24
Σ16(0-30)	13,55	0,7	7,99	7,80	3,14
Σ16(30-60)	18,8	0,4	7,94	8,03	4,73
Σ20(0-30)	17,4	1,78	7,45	7,68	2,47
Σ20(30-60)	18,35	0,87	7,64	7,46	1,794
Σ21(0-30)	18,35	1,55	7,9	8,51	2,302
Σ21(30-60)	19,25	1,49	7,87	7,69	1,913
Σ22(0-30)	15,25	1,45	7,62	8,15	2,80
Σ22(30-60)	18,1	1,04	7,65	8,15	1,739
Σ23(0-30)	16,6	2	7,62	7,57	1,168
Σ23(30-60)	17,7	1,78	7,77	7,62	1,023
Σ24(0-30)	19,25	1,7	7,58	7,99	0,932
Σ24(30-60)	19,9	1,19	7,63	7,79	1,184
Σ25(0-30)	18,95	5,7	7,78	7,99	6,46
Σ25(30-60)	18,95	0,74	7,9	7,79	12,18
Σ30(0-30)	14,15	3	7,60	8,00	1,957
Σ30(30-60)	17,55	1,7	7,69	7,66	0,770

Πίνακας 3. Χημικές Ιδιότητες

Τομή	Na <sup>+</sup> meq/100gr εδάφους	K <sup>+</sup> meq/100gr εδάφους	C.E.C meq/100 gr εδάφους	E.S.P (%)
Σ1(0-30)	7,2	0,929	51,4	14
Σ1(30-60)	8,8	0,279	46,5	19
Σ2(0-30)	6,27	1,129	51,43	12,2
Σ2(30-60)	4,87	0,5875	34,81	14
Σ3(0-30)	32,2	2	60,9	52,8
Σ3(30-60)	24,75	0,8	52,8	46,9
Σ8(0-30)	7,5	0,825	27,26	27,5
Σ8(30-60)	6,2	0,79	45,93	13,5
Σ9(0-30)	13,5	1,19	36,08	37
Σ9(30-60)	14,2	1,16	40	35
Σ10(0-30)	8,6	0,19	39,45	21,8
Σ10(30-60)	15	0,21	64,1	23,4
Σ11(0-30)	24	0,41	40,72	59
Σ11(30-60)	20	1,05	32,58	61,4
Σ12(0-30)	6	0,45	51,43	11,6
Σ12(30-60)	7,5	0,45	52,08	14,4
Σ13(0-30)	5	0,74	46,11	10,8
Σ13(30-60)	5,75	0,25	57	10,08
Σ14(0-30)	24,8	1	79,2	31,3
Σ14(30-60)	42	0,5	43,05	97
Σ15(0-30)	22	2	75,86	29
Σ15(30-60)	53	0,63	137	38,5
Σ16(0-30)	31,5	0,35	50	63
Σ16(30-60)	10	0,29	32	31,3
Σ20(0-30)	5,25	0,8	93,96	5
Σ20(30-60)	10	0,8	68,02	14,7
Σ21(0-30)	21,6	0,87	77,14	28
Σ21(30-60)	27,75	0,66	81,62	34
Σ22(0-30)	6,2	0,65	51,9	11,9
Σ22(30-60)	10	0,41	42,75	23,4
Σ23(0-30)	11,75	1	58,72	2
Σ23(30-60)	20,75	0,74	70,47	29
Σ24(0-30)	16,6	1,68	58,72	28
Σ24(30-60)	23,2	1,02	75,5	30,8
Σ25(0-30)	11,75	0,62	19,26	59,7
Σ25(30-60)	115	0,5	58,72	20
Σ30(0-30)	9	1,46	122,8	7
Σ30(30-60)	9,25	0,65	56,37	16,4



Πίνακας 4. Χημικές ιδιότητες

Τομή	Ca <sup>++</sup> meq/l	Mg <sup>++</sup> meq/l	Na <sup>+</sup> meq/l	S.A.R.
Σ1(0-30)	2,95	3,3	7,8	4,41
Σ1(30-60)	4,25	4,96	10	4,66
Σ2(0-30)	33,1	21,65	54,3	10,38
Σ2(30-60)	17,25	17,6	54,3	13
Σ3(0-30)	12,2	9,9	37,8	11,4
Σ3(30-60)	15,2	19,9	56,89	13,58
Σ8(0-30)	2,2	2,47	5,47	3,58
Σ8(30-60)	1,95	1,65	20,39	15,2
Σ9(0-30)	10,5	6,58	34,9	13,72
Σ9(30-60)	5,2	2,47	49,13	25,7
Σ10(0-30)	2,45	0,82	19,56	15,29
Σ10(30-60)	4,35	1,64	23,48	13,56
Σ11(0-30)	6,9	3,55	48,48	21,2
Σ11(30-60)	11,1	9,05	34,3	10,8
Σ12(0-30)	3,05	1,64	5,26	3,34
Σ12(30-60)	2	0,82	8,9	7,49
Σ13(0-30)	3,6	1,23	7,82	5,03
Σ13(30-60)	2,9	1,1	5,52	3,9
Σ14(0-30)	3,97	1,81	30,6	18
Σ14(30-60)	8,4	12,18	54,3	16,87
Σ15(0-30)	13,6	6,58	32,6	10,26
Σ15(30-60)	6,25	7,24	50	19,25
Σ16(0-30)	2,7	0,82	50	37,6
Σ16(30-60)	18,9	7,35	76,08	21
Σ20(0-30)	19,85	3,3	7,4	2,2
Σ20(30-60)	10,55	4,1	9,84	3,65
Σ21(0-30)	2,4	2,47	14,78	9,47
Σ21(30-60)	4,2	5,76	22,8	10,22
Σ22(0-30)	9,6	5,76	10,87	3,92
Σ22(30-60)	4,4	2,47	19,56	10,55
Σ23(0-30)	6,7	1,64	9,34	4,57
Σ23(30-60)	13,9	9,46	54,35	15,9
Σ24(0-30)	4,3	1,64	8,7	5,05
Σ24(30-60)	1,85	0,82	7,91	6,85
Σ25(0-30)	13,7	17,6	86,95	21,9
Σ25(30-60)	14,2	9,4	86,95	25,3
Σ30(0-30)	14,4	7,4	7,04	2,13
Σ30(30-60)	2,8	1,64	9,7	6,5

Πίνακας 5

## Συγκεντρωτικά αποτελέσματα-Χαρακτηρισμός των εδαφών

Τομή	PH στο εκχύλισμα κορεσμού	E.S.P.	S.A.R.( meq/l) στο εκχύλισμα κορεσμού	E.C dS/m στο εκχύλισμα κορεσμού	Χαρακτηρισμός
Σ1(0-30)	7,79	14	4,41	0,49	Μη αλατούχο-Μη αλκαλιωμένο
Σ1(30-60)	8,00	14,8	4,66	1,10	Μη αλατούχο-Μη αλκαλιωμένο
Σ2(0-30)	7,69	12,2	10,38	9,68	Αλατούχο-Μη αλκαλιωμένο
Σ2(30-60)	7,88	14	13	7,74	Αλατούχο-Μη αλκαλιωμένο
Σ3(0-30)	7,90	52,8	11,4	4,13	Αλατούχο-Αλκαλιωμένο
Σ3(30-60)	7,85	46,9	13,58	5,68	Αλατούχο-Αλκαλιωμένο
Σ8(0-30)	8,50	13,5	3,58	0,843	Μη αλατούχο- Μη Αλκαλιωμένο
Σ8(30-60)	8,53	27,5	15,2	0,556	Μη αλατούχο-Αλκαλιωμένο
Σ9(0-30)	8,56	37	13,72	1,385	Μη αλατούχο-Αλκαλιωμένο
Σ9(30-60)	8,50	35	25,7	1,700	Μη αλατούχο-Αλκαλιωμένο
Σ10(0-30)	7,91	21,8	13,56	1,160	Μη Αλατούχο-Αλκαλιωμένο
Σ10(30-60)	8,11	23,4	15,29	1,710	Μη αλατούχο-Αλκαλιωμένο
Σ11(0-30)	7,69	59	21,2	5,36	Αλατούχο-Αλκαλιωμένο
Σ11(30-60)	7,78	61,4	10,8	4,23	Αλατούχο-Αλκαλιωμένο
Σ12(0-30)	7,90	11,6	3,34	0,615	Μη αλατούχο-Μη αλκαλιωμένο
Σ12(30-60)	7,78	14,4	7,49	0,825	Μη αλατούχο-Μη αλκαλιωμένο
Σ13(0-30)	7,75	10,8	5,03	0,965	Μη αλατούχο-Μη αλκαλιωμένο
Σ13(30-60)	7,88	10,08	8,1	1,131	Μη αλατούχο-Μη αλκαλιωμένο
Σ14(0-30)	7,97	31	18	2,68	Αλατούχο-Αλκαλιωμένο
Σ14(30-60)	7,92	97	16,87	4,76	Αλατούχο-Αλκαλιωμένο
Σ15(0-30)	7,85	29	10,26	6,13	Αλατούχο-Αλκαλιωμένο
Σ15(30-60)	8,12	38,5	19,25	4,24	Αλατούχο-Αλκαλιωμένο
Σ16(0-30)	7,99	63	37,6	3,14	Αλατούχο-Αλκαλιωμένο
Σ16(30-60)	7,94	31,3	15	4,73	Αλατούχο-Αλκαλιωμένο
Σ20(0-30)	7,45	5	2,2	1,47	Μη Αλατούχο-Μη αλκαλιωμένο
Σ20(30-60)	7,64	17,7	3,65	1,794	Μη Αλατούχο-Αλκαλιωμένο
Σ21(0-30)	7,90	28	9,47	1,302	Μη αλατούχο-Αλκαλιωμένο
Σ21(30-60)	7,87	34	10,22	1,913	Μη αλατούχο-Αλκαλιωμένο
Σ22(0-300)	7,62	11,9	3,92	1,80	Μη αλατούχο-Μη αλκαλιωμένο
Σ22(30-60)	7,65	23,4	10,55	1,739	Μη Αλατούχο-Αλκαλιωμένο
Σ23(0-30)	7,62	2	4,57	1,168	Μη αλατούχο-Μη αλκαλιωμένο
Σ23(30-60)	7,77	29	15,9	1,023	Μη Αλατούχο-Αλκαλιωμένο
Σ24(0-30)	7,58	28	5,05	0,932	Μη αλατούχο-Αλκαλιωμένο
Σ24(30-60)	7,63	30,8	6,85	1,148	Μη αλατούχο-Αλκαλιωμένο
Σ25(0-30)	7,78	59,7	21,9	6,46	Αλατούχο-Αλκαλιωμένο
Σ25(30-60)	7,90	20	25,3	12,18	Αλατούχο-Αλκαλιωμένο
Σ30(0-30)	7,60	7	2,13	1,957	Μη αλατούχο-Μη αλκαλιωμένο
Σ30(30-60)	7,69	16,4	6,5	0,770	Μη αλατούχο-Αλκαλιωμένο

**Πίνακας 6**  
**Συγκεντρωτικά δεδομένα από χάρτες του Ε.ΘΙ.ΑΓ.Ε., του Ινστιτούτου Χαρτογράφησης**  
**και Ταξινόμησης Εδαφών Λάρισας.**

Τομή	E.S.P. %	E.C ( dS/m )	Χαρακτηρισμός
Σ1	0-15	0-4	Αλατούχο-Μη αλκαλιωμένο
Σ2	0-15	0-4	Μη αλατούχο-Μη αλκαλιωμένο
Σ3	15-25	4-8	Αλατούχο-Αλκαλιωμένο
Σ8	0-15	0-4	Αλατούχο-Μη αλκαλιωμένο
Σ9	0-15	0-4	Μη αλατούχο-Μη αλκαλιωμένο
Σ10	0-15	0-4	Μη αλατούχο-Μη αλκαλιωμένο
Σ11	15-25	8-15	Αλατούχο-Αλκαλιωμένο
Σ12	0-15	0-4	Αλατούχο-Μη αλκαλιωμένο
Σ13	0-15	0-4	Μη αλατούχο-Μη αλκαλιωμένο
Σ14	15-25	8-15	Αλατούχο-Αλκαλιωμένο
Σ15	0-15	4-8	Αλατούχο-Μη αλκαλιωμένο
Σ16	0-15	0-4	Μη αλατούχο-Μη αλκαλιωμένο
Σ20	0-15	0-4	Μη αλατούχο-Μη αλκαλιωμένο
Σ21	15-25	8-15	Αλατούχο-Αλκαλιωμένο
Σ22	0-15	0-4	Μη αλατούχο-Μη αλκαλιωμένο
Σ23	0-15	0-4	Μη αλατούχο-Μη αλκαλιωμένο
Σ24	0-15	0-4	Μη αλατούχο-Μη αλκαλιωμένο
Σ25	0-15	4-8	Αλατούχο-Μη αλκαλιωμένο
Σ30	15-25	4-8	Αλατούχο-Αλκαλιωμένο

**Πίνακας 7**  
**Τιμές του Ε.Σ.Ρ. από χάρτη του ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε (πίνακας 6), από τον πίνακα 5 και οι διαφορές D αυτών.**

Τομή	Βάθος	Ε.Σ.Ρ. (πίνακα)	Ε.Σ.Ρ. (χάρτη)	D
Σ1	( 0-30 )	14	15	-1
Σ1	( 30 - 60 )	14,8	15	-2
Σ2	( 0-30 )	12,2	15	-2,8
Σ2	( 30 - 60 )	14	15	-1
Σ3	( 0-30 )	52,8	25	27,8
Σ3	( 30 - 60 )	46,9	25	21,9
Σ8	( 0-30 )	13,5	15	-1,5
Σ8	( 30 - 60 )	27,5	15	12,5
Σ9	( 0-30 )	37	15	22
Σ9	( 30 - 60 )	35	15	20
Σ10	( 0-30 )	21,8	15	6,8
Σ10	( 30 - 60 )	23,4	15	8,4
Σ11	( 0-30 )	59	25	34
Σ11	( 30 - 60 )	61,4	25	36,4
Σ12	( 0-30 )	11,6	15	-3,4
Σ12	( 30 - 60 )	14,4	15	-0,6
Σ13	( 0-30 )	10,8	15	-4,2
Σ13	( 30 - 60 )	10,08	15	-4,92
Σ14	( 0-30 )	31	25	6
Σ14	( 30 - 60 )	97	25	72
Σ15	( 0-30 )	29	15	14
Σ15	( 30 - 60 )	38,5	15	23,5
Σ16	( 0-30 )	61	15	46
Σ16	( 30 - 60 )	31,3	15	16,3
Σ20	( 0-30 )	5	15	-10
Σ20	( 30 - 60 )	17,7	15	2,7
Σ21	( 0-30 )	28	25	3
Σ21	( 30 - 60 )	34	25	9
Σ22	( 0-30 )	11,9	15	-3,1
Σ22	( 30 - 60 )	23,4	15	8,4
Σ23	( 0-30 )	2	15	-13
Σ23	( 30 - 60 )	29	15	14
Σ24	( 0-30 )	28	15	13
Σ24	( 30 - 60 )	30,8	15	15,8
Σ25	( 0-30 )	59,7	15	44,7
Σ25	( 30 - 60 )	20	15	5
Σ30	( 0-30 )	7	25	-18
Σ30	( 30 - 60 )	16,4	25	-8,6



# **ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ**







